

## **ANALISA VARIASI PEMBUKAAN DUMPER PADA *PRIMARY* DAN *SECONDARY AIR FAN* TERHADAP PEMBAKARAN *BLACK LIQUOR* PADA RECOVERY BOILER PT. INDAH KIAT *PULP & PAPER* TBK**

**Denny Achly Fatariqsyah<sup>1</sup>, Eddy Elfiano<sup>2</sup>**

Universitas Islam Riau, Indonesia<sup>1,2</sup>

Emails: Dennyachlyfatariqsyah@student.uir.ac.id, eddy\_elfiano@eng.uir.ac.id

### **Abstrak**

Efisiensi pembakaran *black liquor* di *recovery boiler* sangat krusial bagi industri *pulp* dan kertas, namun sering terhambat oleh ketidakstabilan suplai udara dan akumulasi kerak pada *nozzle*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi pembukaan *dumper* pada *primary* dan *secondary air fan* terhadap kinerja pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pembakaran *black liquor*, pengaruh suplai udara, serta kualitas *smelt* dan *charbed*. Penelitian kuantitatif dilakukan di PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk dengan mengukur *flow debit*, pembukaan *dumper*, dan parameter pembakaran menggunakan *furnace*, kamera, dan analisis sampel *smelt*. Data diolah untuk menghitung efisiensi *fan* dan kecepatan udara. Pembukaan *dumper* dan *flow debit* berpengaruh signifikan terhadap pembakaran, di mana kenaikan bukaan meningkatkan suplai udara namun memerlukan pembersihan *nozzle* berkala untuk menghindari penumpukan kerak. Efisiensi *fan* tertinggi (36,99%) dicapai saat *pressure* stabil (147934,5 Pa) dan *flow debit* 51 m<sup>3</sup>/s. Penelitian merekomendasikan optimasi pembukaan *dumper* berbasis kondisi lingkungan dan pengembangan sistem kontrol otomatis untuk meningkatkan stabilitas pembakaran. Temuan ini mendukung efisiensi energi dan reduksi limbah di industri *pulp*.

**Kata Kunci:** *Black liquor*, *recovery boiler*, *dumper*, efisiensi pembakaran, *smelt*

### **Abstract**

The combustion efficiency of black liquor in recovery boilers is crucial for the pulp and paper industry, but it is often hampered by the instability of the air supply and the accumulation of scale in the nozzle. This study aims to analyze the effect of variations in dumper opening in primary and secondary air fans on combustion performance. This study aims to determine the results of black liquor combustion, the effect of air supply, and the quality of smelt and charbed. Quantitative research was conducted at PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk measures discharge flow, dumper opening, and combustion parameters using furnace, camera, and smelt sample analysis. The data is processed to calculate fan efficiency and air velocity. Dumper opening and discharge flow have a significant effect on combustion, where the increase in the opening increases the air supply but requires periodic nozzle cleaning to avoid scale buildup. The highest fan efficiency (36.99%) was achieved when the pressure was stable (147934.5 Pa) and the discharge flow was 51 m<sup>3</sup>/s. The study recommended the optimization of dumper opening based on environmental conditions and the development of an automatic control system to improve combustion stability. These findings support energy efficiency and waste reduction in the pulp industry.

**Keywords:** Black liquor, recovery boiler, dumper, combustion efficiency, smelt

### **PENDAHULUAN**

Semakin tingginya tingkat persaingan di dunia industri mengharuskan suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan efisiensi kegiatan operasinya (Adi Pratama, 2022; Mutiah et al., 2019; Wiya, 2022). Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan fungsinya

khususnya pada mesin boiler. *Boiler* merupakan suatu peralatan yang dapat *supply* kebutuhan energi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik di area perusahaan. *Boiler* merupakan salah satu diantara stasiun yang sering mengalami masalah sehingga diperlukan pemeliharaan yang lebih intensif untuk menjaga performansinya agar selalu bisa bekerja sesuai dengan yang diinginkan (Affandi et al., 2022; Kharisma dan Budiman, 2020; Polewangi, 2019; Putra & Sardiko, 2021).

Blower adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu, juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Biasanya blower digunakan untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu di dalam suatu ruangan. Selain itu blower merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ke tekanan akhir yang melebihi dari 40 psig. Blower tidak diinginkan dengan air karena penambahan biaya yang dibutuhkan untuk system pendinginan tidak menguntungkan atau efisiensi bila ditinjau dari keuntungan yang diperoleh begitu kecil dari kinerja blower.

*Black Liquor* merupakan produk sampingan industri *pulp and paper* pada proses *kraft*. Proses ini menggunakan metode kimia, Dengan larutan NaOH dan Na<sub>2</sub>S mencerna kayu yang menghasilkan serat *pulp* sebagai bahan pembuatan kertas. Bentuk dari produk sampingan ini adalah air, 50% lignin, Garam-garam sodium serta bahan anorganik lain yang memisahkan diri dari *pulp*. Produksi listrik, Pengeringan *pulp and paper* dalam industri ini memanfaatkan uap dari bahan alkali yang terjadi selama proses *recovered* kimia.

Sebagai sumber energi utama dalam industri *pulp and paper*, Terdapat proses gasifikasi *black liquor*. Proses ini menghasilkan gas sintesis yang nantinya menghasilkan berbagai produk energi seperti listrik, gas alam sintetis (Pratama et al., 2021; Sari & Nugraha, 2019; Septiningrum & Pramuaji, 2017; Sufra et al., 2023). Juga hidrogen, metanol, diesel sintetis. Para peneliti terdahulu juga menganggap *Black liquor* memiliki potensi untuk menggantikan sistem *recovery black liquor konvensional* dengan *recovery boiler*. *Recovery boiler* memulihkan kembali bahan kimia melalui oksidasi *black liquor* dimana Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tereduksi dapat menghasilkan panas yang menjadikannya produk energi (Lappalainen et al., 2020; Morya et al., 2022; Pola et al., 2022).

Pada pengolahan limbah *black liquor* pabrik berskala kecil, dapat menggunakan alternatif lain yaitu membuat gas hidrogen menggunakan metode elektrolisis. Alternatif ini menggunakan perangkat lunak Hysys yang menghasilkan *white liquor*. Produksi *pulp* dapat menggunakan kembali *white liquor* dari pengolahan ini. Selain itu, terdapat biobriket yang memanfaatkan *black liquor* sebagai bahan utamanya. *Black liquor* dalam bentuk briket memiliki bentuk yang mirip dengan briket pada umumnya sehingga mempermudah dalam proses pembakaran dan penanganannya.

Berdasarkan dari latar belakang yang diatas, penulis akan melakukan penelitian tentang analisa variasi pembukaan dumper pada *primary* dan *secondary air fan* terhadap pembakaran *black liquor* pada *recovery boiler* di PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pembakaran *black liquor* di dalam furnace Recovery Boiler, menganalisis pengaruh udara terhadap proses pembakaran dalam furnace tersebut, serta mengevaluasi kualitas smelting dan bentuk charbed dari *black liquor* yang terbentuk di dalam furnace.

Penelitian ini mengeksplorasi pengaruh variasi pembukaan *dumper* pada *primary* dan *secondary air fan* terhadap pembakaran *black liquor* di *recovery boiler*, dengan fokus pada analisis *flow debit*, efisiensi suplai udara, dan kualitas *smelt* serta *charbed*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih umum membahas kinerja *blower* atau efisiensi *boiler*, studi ini secara khusus mengintegrasikan pengaturan *dumper* dengan karakteristik pembakaran *black liquor*, termasuk dampak kelembapan dan densitas udara. Selain itu, penelitian ini mengusulkan pembersihan *nozzle* berkala sebagai solusi praktis untuk menjaga

stabilitas penyemprotan *black liquor*, yang belum dibahas mendalam dalam literatur terdahulu (Heeres et al., 2018).

## METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ada yang namanya metodologi penelitian, Yang dimana proses dari penelitian ini akan dilakukan berdasarkan diagram alir yang telah di buat. Penelitian yang akan dilakukan pertama yaitu dimulai lalu dilanjutkan studi literatur dengan mempelajari apa saja yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian di lokasi penelitian yaitu di PT. Indah Kiat *Pulp & Paper Tbk*. Setelah studi literatur dilanjutkan dengan mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian nanti yang dimana alat dan bahan pada saat penelitian yang akan digunakan untuk memperoleh hasil yang akan di analisa nanti dengan alat *furnace*, kamera hp dan bahan *black liquor*. Setelah memperoleh alat bahan yang akan digunakan dilanjutkan pengambilan data pembakaran *black liquor* di dalam *furnace* yang dimana proses pembakaran *black liquor* berada di dalam *furnace* dan data yang akan diambil ada 2 yaitu :

1. Kualitas *Smelting* dari hasil pembakaran *black liquor* di dalam *furnace*?
2. Bentuk *Charbed* dari hasil pembakaran *black liquor* di dalam *furnace*?

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang dimana penelitian ini dilakukan secara sistematis dalam pengumpulan data yang akan di ukur. Setelah mendapatkan data yang diperoleh setelah melakukan analisa, Maka bisa dapat diambil kesimpulan dari hasil analisa pembakaran *black liquor* di dalam *furnace*. Setelah melakukan penelitian, penulis melanjutkan pembuatan hasil dari penelitian berbentuk data yang telah diperoleh selama melakukan penelitian di PT. Indah Kiat *Pulp & Paper Tbk*. Perawang.

Tempat pelaksanaan untuk pengambilan data untuk penelitian tugas akhir dengan judul analisa variasi pembukaan dumper pada *primary* dan *secondary air fan* terhadap pembakaran *black liquor* pada *recovery* boiler PT. Indah Kiat *Pulp & paper Tbk*. Desa Pinang Sebatang, Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak – Riau, Pada tanggal - Juli 2024 sampai dengan - juli 2024. Sebelum melakukan analisa perlu dipersiapkan alat dan bahan agar penelitian dapat dilakukan agar berjalan dengan lancar dan mendapatkan hasil yang baik.

### Alat Yang Digunakan

Adapun Alat – alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **Furnace**

*Furnace* adalah sebagai tungku pembakaran yang dimana proses pembakaran dari *black liquor* terjadi di dalam *furnace* tersebut, proses pembakaran *black liquor* tersebut dibantu dengan udara yang bersumber dari *primary air fan* dan *secondary air fan*. Di dalam *furnace* juga terdapat perlakuan panas pada bahan seperti *annealing*, *normalizing*, *tempering*, *galvanizing* dan juga proses yang lain memerlukan perlakuan panas (Khoirudin, 2019).

Proses pembakaran *black liquor* di dalam *furnace* tersebut yang dimana *nozzle* membantu menyemprotkan *black liquor* masuk ke dalam *furnace* lalu disandingkan dengan penyemprotan *burner* yang membakar *black liquor* di dalam *furnace* dan dibantu oleh udara *primary* dan *secondary air fan* dalam proses pembakaran *black liquor* yang dimana udara *primary* bergerak dari bawah ke atas dan juga dibantu oleh udara *secondary* dari atas.

Tempat *supply* udara yang berada dinamakan *windbox* posisi pertumpukan hasil pembakaran *black liquor* terpisahkan dengan udara *primary air* bawah agar *black liquor* yang jatuh dari atas karena proses pembakaran tersebut tidak menyumbat atau menutup saluran udara untuk membantu proses pembakaran *black liquor* di dalam *furnace*.

### **Dampers**

*Dampers* merupakan komponen dari *primary air fan* dan *secondary air fan* yang berfungsi untuk mengatur berapa banyak udara yang akan di *supply* masuk kedalam ruang bakar (*furnace*) dengan pembukaan baling – baling pada dumper tersebut dengan kebutuhan udara yang akan digunakan dengan berapa persen (%) pembukaan *dampers* tersebut untuk kebutuhan udara yang akan di *supply* kedalam ruang bakar (*furnace*).

### **Kamera (Camera)**

Kamera yang akan digunakan dalam melakukan penelitian tersebut bisa menggunakan kamera dari hp (*handphone*) yang dipakai untuk dokumentasi dari hasil pembakaran *black liquor* yang terjadi di dalam *furnace recovery boiler*, Disini peneliti akan menganalisa bentuk hasil pembakaran dari *black liquor* yang terjadi di dalam *furnace*, Analisa yang akan dilakukan pada penelitian dari hasil pembakaran *black liquor* yang terjadi di dalam *furnace recovery boiler* yaitu bentuk *Smelting* ( peleburan ) dari hasil pembakaran *black liquor* dan *Charbed* (hangus) hasil dari pembakaran *black liquor*.

### **Bahan Yang Digunakan**

Adapun bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### **BL (Black liquor)**

*Black liquor* dibuat dengan proses pemanasan *liquor* yang mengandung bahan organik dari kayu (terutama lignin) dan bahan kimia anorganik yang digunakan untuk delignifikasi. Dalam proses *Kraft*, penambahan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium sulfida (Na<sub>2</sub>S) ke dalam serpihan kayu menghasilkan ekstraksi lignin dan hemiselulosa dari fraksi selulosa yang tidak larut (Heeres et al., 2018). *Black liquor* keluar dari proses pemasakan dengan kandungan padatan 15-18%. *Black liquor* yang keluar dari proses penguapan, Memiliki kandungan padatan sekitar 70-83%.

Bagian anorganik (sekitar 45% massa kering *black liquor*) terdiri dari natrium karbonat dan natrium sulfat. Hal ini dikarenakan kehadiran bahan anorganik, nilai kalor untuk *lower heating value* (LHV) per ton padatan *black liquor* yakni sebesar 12,3 MJ/kg.

Dalam melaksanakan penelitian analisa variasi pembukaan dumper pada *primary* dan *secondary air fan* terhadap pembakaran *black liquor* pada *recovery boiler*, Pada kegiatan penelitian ini akan menjadi beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan selama melakukan analisa di lokasi penelitian yaitu di PT. Indah Kiat *Pulp & Paper, Tbk*. Perawang. Berikut tahapan prosedur penelitian yang akan dilakukan sebelum dan sesudah melakukan penelitian:

#### **Tahapan Prosedur Penelitian**

Adapun beberapa tahapan prosedur yang akan dilakukan pada saat melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Memakai APD (Alat Pelindung Diri) seperti *Helmet*, *earplug*, dan masker sebelum datang ke lokasi penelitian yang akan dilakukan.
2. Persiapan instruksi kerja atau SOP sebelum melakukan kerja dan analisa.
3. Koordinasi dengan operator *Distttributed Control* (DCS) untuk *start Induce Draft Fan* (IDF).
4. Start *Primary Air Fan* (PAF) dan atur kecepatan motor dan atur berapa derajat untuk pembukaan *dumper* yang akan dibutuhkan untuk berapa banyak udara yang akan di *supply* ke dalam *furnace*.
5. Kemudian *start burner* untuk melakukan pemanasan atau pembakaran pada *black liquor* sampai pada suhu 600°C.
6. Pada sampai suhu 600°C, kemudia *nozzle* menyemprotkan *black liquor* ke dalam *furnace* untuk masuk ke proses pembakaran.
7. Amati *burner* dan *supply* udara yang membantu proses pembakaran di dalam *furnace* agar tekanan yang ada di dalam *furnace* tetap stabil.

Analisa Variasi Pembukaan Dumper pada Primary dan Secondary Air Fan Terhadap Pembakaran Black Liquor pada Recovery Boiler PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk

8. Lalu *stand by* di lapangan untuk menunggu hasil pembakaran *black liquor* yang akan di analisa.
9. Pastikan berada di posisi berjarak dari *furnace* pada saat melakukan pengecekan hasil sisa pembakaran *black liquor* di dalam *furnace*.
10. Membuka pintu *furnace* untuk mengambil sebagian hasil sisa pembakaran *black liquor* yang di dalam *furnace* sebagai sampel untuk di analisa.
11. Analisa sampel hasil sisa pembakaran *black liquor* yang telah diambil dari *furnace*.
12. Analisa hasil *smelt* dan bentuk *charbed* pada *black liquor* untuk sebagai data analisa yang dilakukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

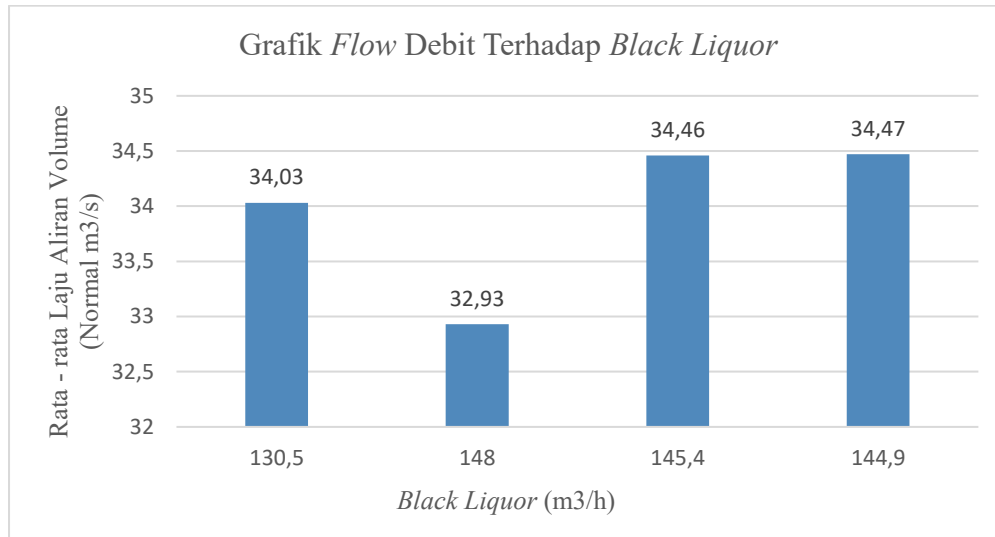
### Pengaruh Hubungan Antara *Flow Debit* Dan Pembukaan Dumper *Primary Air Fan* Terhadap Proses Pembakaran *Black Liquor*

Setelah melakukan penelitian untuk pengambilan data, Dapat diketahui bahwa variasi *flow* terhadap pembukaan dumper pada *primary air fan* pada proses pembakaran *black liquor* yang terjadi di dalam *furnace*. Berikut adalah tabel hubungan antara *flow* dan pembukaan dumper terhadap proses pembakaran *black liquor*.

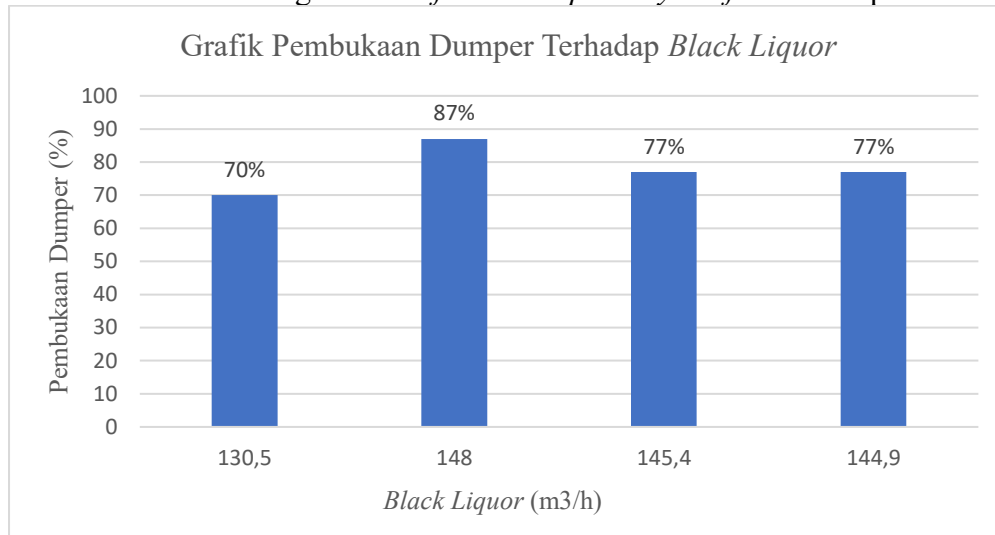
**Table 1. Variasi *flow* dan pembukaan dumper *primary air fan* terhadap proses pembakaran *black liquor***

No	<i>Flow Debit</i> (Normal m <sup>3</sup> /s)	Pembukaan Dumper (%)	<i>Black Liquor</i> (m <sup>3</sup> /h)
7/12/2024	34.03	70	130.5
14/12/2024	32.93	87	148.0
24/12/2024	34.46	77	145.4
28/12/2024	34.47	77	144.9

Pada hasil data penelitian yang diperoleh pada saat melakukan penelitian didapatkan bahwa dari hubungan antara *flow* debit dan pembukaan dumper pada *primary air fan* terhadap proses pembakaran *black liquor*; Dapat di lihat bahwa data yang diperoleh sangat berbeda dengan data yang diperoleh dari *secodanry air fan*. Data *flow* debit yang pertama pada *primary air fan* mendapatkan nilai sebesar 34.03 Normal m<sup>3</sup>/s, Pembukaan dumper 70 % dan *black liquor* 130.5 m<sup>3</sup>/h. Sedangkan nilai *flow* debit data kedua mengalami penurunan sebesar 32.93 Normal m<sup>3</sup>/s dan nilai pembukaan dumper mengalami kenaikan sebesar 87 % lalu *black liquor* sebesar 148.0 m<sup>3</sup>/h. Dan data ketiga mengalami kenaikan nilai pada *flow* debit sebesar 34.46 Normal m<sup>3</sup>/s dan pembukaan dumper mengalami penurunan sebesar 77 %. Untuk lebih jelas bisa dilihat dari grafik hubungan antara *flow* debit dengan pembukaan dumper terhadap proses pembakaran *black liquor* dibawah ini:



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara *flow* debit *primary air fan* terhadap *black liquor*



**Gambar 2.** Grafik hubungan pembukaan dumper *Primary air fan* terhadap *black liquor*

Pada gambar 1. dapat dilihat bahwa pada *flow* debit yang dimana pada data pertama mendapatkan nilai sebesar 34.03 Normal m<sup>3</sup>/s yang dimana pada *flow* debit data kedua mengalami penurunan sebesar 32.93 Normal m<sup>3</sup>/s yang dimana penyebab penurunan *flow* debit terjadi karena adanya kotoran yang menumpuk pada *wind box* sehingga terjadi penurunan pada *flow* debit Pada data ketiga mengalami kenaikan kembali pada *flow* debit sebesar 34.46 Normal m<sup>3</sup>/s dan pada data keempat *flow* debit mendapatkan nilai sedikit naik dari 34.46 Normal m<sup>3</sup>/s menjadi 34.47 Normal m<sup>3</sup>/s.

Pada pembukaan dumper di data pertama mendapatkan nilai sebesar 70 % lalu pada data kedua mengalami kenaikan yang tinggi untuk pembukaan dumper dikarenakan nilai tekanan pada udara juga besar dan untuk kebutuhan udara yang akan di supply kedalam ruang bakar (*furnace*) lebih besar, Pada data ketiga mengalami penurunan yang signifikan pada pembukaan dumper dipengaruhi oleh udara di lingkungan sehingga mendapatkan nilai sebesar 77% dan di data keempat untuk pembukaan dumper tetap stabil.

Dari hasil data yang telah di peroleh dan di analisa, Penulis dapat mengetahui bahwa pembukaan dumper dan *flow* debit dari *primary* dan *secondary air fan* sangat berpengaruh untuk proses pembakaran *black liquor* yang terjadi di dalam *furnace*, Naik turunnya nilai dari pembukaan dumper tergantung dari udara lingkungan seberapa besar udara di

lingkungan yang bisa di hisap dan di press masuk ke *flow* debit yang akan mensupply udara ke ruang bakar.

Untuk nilai dari *flow* debit mengalami naik turun dikarenakan bersih dan kotornya pada komponen mesin dari *primary* dan *secondary air fan* yaitu bagian *wind box*, Untuk nilai data pada *black liquor* yang mengalami naik turun disebabkan oleh penumpukkan kerak dari *black liquor* itu sendiri yang melewati *spray gun* sehingga harus dilakukan pembersihan secara berkala pada *spray gun* agar tidak terjadinya penumpukkan yang lebih banyak lagi agar aliran *spray gun* menyemprot *black liquor* lebih stabil yang ditargetkan.

Dari hasil data yang telah didapatkan dan di analisa, Penulis mengetahui bahwa pengaruh *flow* debit dan pembukaan dumper dari *primary air fan* dan *secondary air fan* terhadap pembakaran *black liquor* tergantung dari kebutuhan *flow* debit yang akan di *supply* ke dalam ruang bakar (*furnace*).

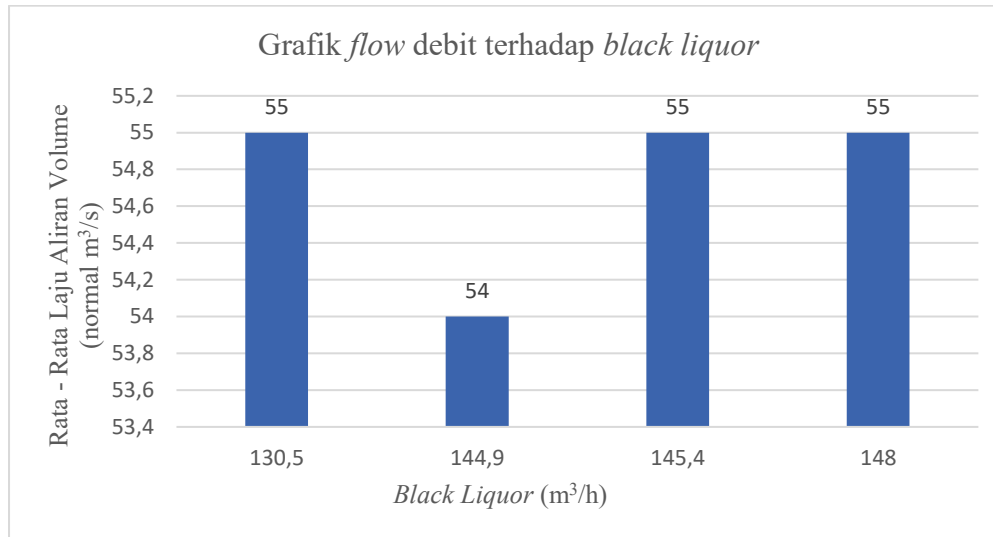
### **Pengaruh Hubungan Antara Aliran *Flow* Debit Dan Pembukaan Dumper *Secondary Air Fan* Terhadap Proses Pembakaran *Black Liquor***

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, Dapat diketahui bahwa variasi *flow* debit ini memiliki pengaruh terhadap proses pembakaran *black liquor* yang terjadi di dalam *furnace*. Berikut adalah tabel hubungan antara variasi *flow* debit terhadap proses pembakaran *black liquor*.

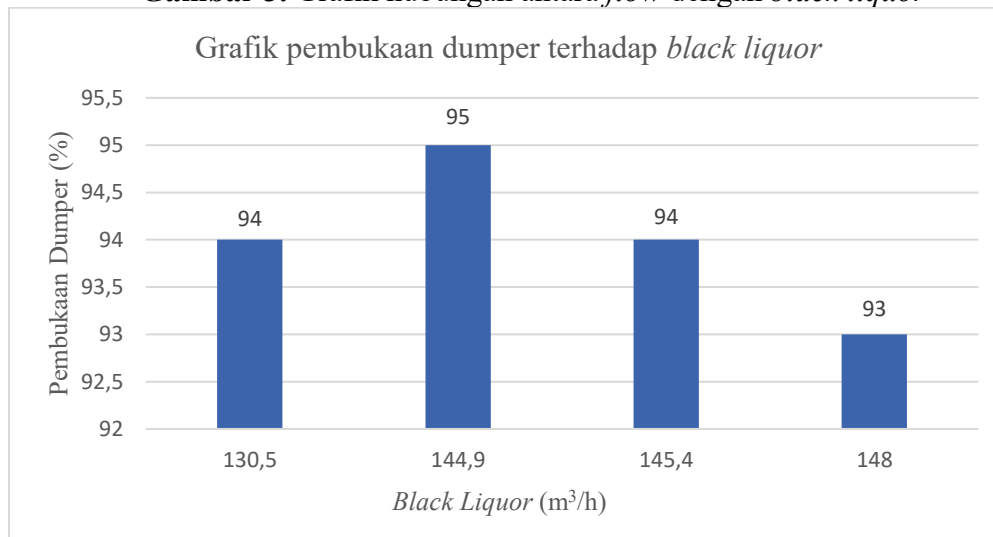
**Tabel 2. Variasi *flow* debit dan pembukaan dumper *secondary air fan* terhadap proses pembakaran *black liquor***

No	<i>Flow</i> Debit (Normal m <sup>3</sup> /s)	Pembukaan Dumper (%)	<i>Black Liquor</i> (m <sup>3</sup> /h)
7/12/2024	55	94	130.5
14/12/2024	54	95	148.0
23/12/2024	55	94	145.4
28/12/2024	55	93	144.9

Pada hasil data yang diperoleh pada saat melakukan penelitian didapatkan bahwa dari hubungan antara *flow* debit dan pembukaan dumper terhadap proses pembakaran *black liquor*. Dapat dilihat bahwa pada data dengan aliran *flow* debit 55 Normal m<sup>3</sup>/s dan pembukaan dumper 94 % *black liquor* yang akan di semprot sebesar 130.5 m<sup>3</sup>/h. Sedangkan pada data kedua dengan *flow* debit 54 Normal m<sup>3</sup>/s dan pembukaan dumper 95 % dengan *black liquor* yang akan di semprot sebesar 148.0 m<sup>3</sup>/h mengalami peningkatan dengan *black liquor* yang di semprot ke dalam *furnace*. Pada data ketiga dengan *flow* debit 55 Normal m<sup>3</sup>/s dan pembukaan dumper 83 % dengan *black liquor* 72.1 m<sup>3</sup>/h. Pada data ketiga *black liquor* mengalami penurunan sebesar 72.1 m<sup>3</sup>/h. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari grafik hubungan antara *flow* debit dengan pembukaan dumper terhadap proses pembakaran *black liquor* dibawah ini:



**Gambar 3.** Grafik hubungan antara *flow* dengan *black liquor*



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara pembukaan dumper terhadap *black liquor*

Pada gambar 4. dapat dilihat bahwa penyemprotan *black liquor* yang besar pada data keempat sebesar 148 m<sup>3</sup>/h dan pembukaan dumper sedikit lebih kecil dari data ketiga yaitu sebesar 93 %. Dapat dilihat bahwa pengaruh nilai dari *black liquor* pada *nozzle* yang terjadi penumpukkan kerak dari *black liquor* yang membuat saluran pipa pada *spray gun black liquor* menjadi sempit yang membuat tekanan pada *spray gun* menjadi tinggi sehingga harus dilakukan pembersihan berkala agar pada pipa *spray gun black liquor* tidak terjadi penumpukkan kerak *black liquor* yang mengakibatkan *supply black liquor* menjadi berkurang.

Nilai data pada *flow* debit tergantung dari pembukaan dumper, Semakin besar pembukaan dumper yang akan di buka jadi semakin besar *flow* debit yang akan di *supply* untuk proses pembakaran yang terjadi di dalam *furnace*, Tergantung dari kebutuhan *flow* debit yang akan digunakan untuk proses pembakaran *black liquor*. Pada data kedua yang dimana nilai dari pembukaan dumper mendapatkan nilai sebesar 95 % dengan *flow* debit yang didapatkan sebesar 54 Normal m<sup>3</sup>/s yang dimana nilai pada *flow* debit tidak sama dengan data ketiga yang dimana pembukaan dumper nya lebih rendah dari data yang kedua tetapi nilai *flow* debit pada data ketiga lebih tinggi dari data kedua, Yang membuat nilai dari *flow* debit menjadi rendah pada data kedua diakibatkan oleh kotoran pada komponen *wind box*.

### Parameter – Parameter Pada *Primary Dan Secondary Air Fan*

Setelah mendapatkan data pada saat melakukan penelitian di PT. Indah Kiat *Pulp & Paper Tbk* Perawang, Penulis dapat menentukan parameter apa saja yang akan dibuat berdasarkan data yang telah di dapatkan yaitu sebagai berikut:

#### Efisiensi Forced Draft Fan

##### 1. Data pertama

$$\begin{aligned} \eta &: (dP.Q / P FDF) \times 100 \% \\ &: \left( \frac{101325 \text{ pa} \times 55 \text{ m}^3/\text{s}}{182385 \text{ pa}} \right) \times 100 \% \\ &: (0,5 \times 55 \text{ m}^3/\text{s}) \times 100 \% \\ &: 30,5 \% \end{aligned}$$

##### 2. Data kedua

$$\begin{aligned} \eta &: (dP.Q / P FDF) \times 100 \% \\ &: \left( \frac{101325 \text{ pa} \times 54 \text{ m}^3/\text{s}}{184411,5 \text{ pa}} \right) \times 100 \% \\ &: (0,55 \times 54 \text{ m}^3/\text{s}) \times 100 \% \\ &: 29,7 \% \end{aligned}$$

##### 3. Data ketiga

$$\begin{aligned} \eta &: (dP.Q / P FDF) \times 100 \% \\ &: \left( \frac{101325 \text{ pa} \times 55 \text{ m}^3/\text{s}}{147934,5 \text{ pa}} \right) \times 100 \% \\ &: (0,685 \times 55 \text{ m}^3/\text{s}) \times 100 \% \\ &: 37,67 \% \end{aligned}$$

##### 4. Data keempat

$$\begin{aligned} \eta &: (dP.Q / P FDF) \times 100 \% \\ &: \left( \frac{101325 \text{ pa} \times 55 \text{ m}^3/\text{s}}{175292,25 \text{ pa}} \right) \times 100 \% \\ &: (0,58 \times 55 \text{ m}^3/\text{s}) \times 100 \% \\ &: 31,9 \% \end{aligned}$$

#### Tabel Data Hasil Perhitungan Efisiensi

Berikut adalah tabel data hasil perhitungan efisiensi pada *secondary air fan* :

**Tabel 3. Tabel Data Hasil Perhitungan Efisiensi**

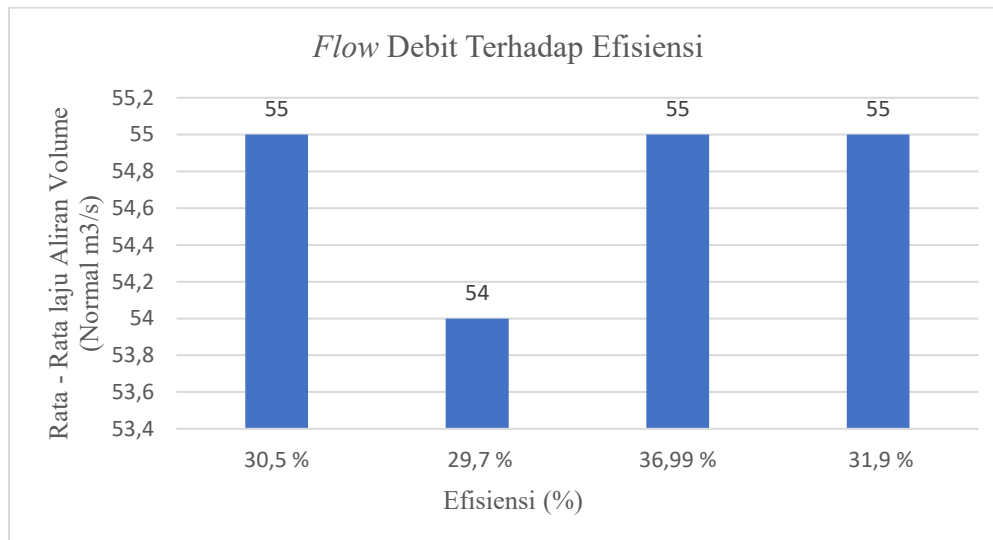
Tanggal	Flow Debit (Normal m <sup>3</sup> /s)	Pressure (pa)	Efisiensi (%)
7/12/2024	55	182385	30,5
14/12/2024	54	184411,5	29,7
23/12/2024	55	147934,5	36,99
28/12/2024	55	175292,25	31,9

Setelah mendapatkan data hasil perhitungan efisiensi, Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai efisiensi yang didapatkan bergantung dari besar kecilnya nilai dari *flow* debit dan *pressure*, Semakin rendah dari nilai *pressure* semakin tinggi nilai efisiensi yang didapatkan dan juga begitu pada nilai *flow* debit yang didapatkan semakin rendah nilai *flow* debit yang didapatkan juga berpengaruh pada tingginya nilai efisiensi yang didapatkan. Bisa di lihat pada data pertama dan dibandingkan dengan data kedua bisa dilihat pada data pertama mendapatkan nilai efisiensi sebesar 30,5 % dan pada data kedua mendapatkan nilai efisiensi sebesar 29,7 %, Pada data pertama mendapatkan nilai efisiensi lebih besar pada data kedua disebabkan pada nilai *pressure* sedikit lebih kecil didapatkan dan nilai pada *flow* debit yaitu yang di dapatkan stabil akan berpengaruh pada nilai efisiensi yang akan di dapatkan.

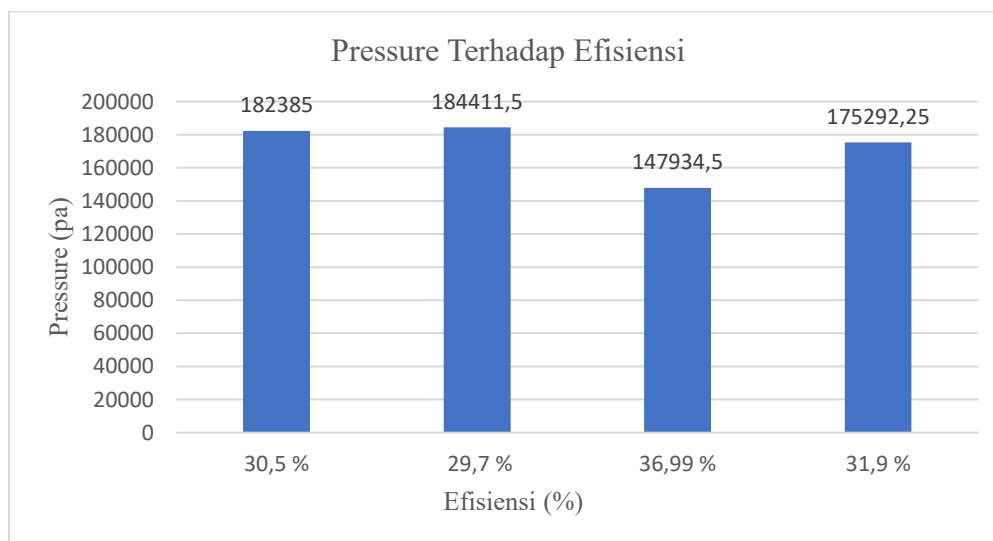
Pada data ketiga mendapatkan nilai efisiensi sebesar 36,99 % dan data keempat mendapatkan nilai efisiensi sebesar 31,9 %, Dapat dilihat bahwa pada data ketiga memiliki nilai *pressure* lebih rendah 147394,5 *pa* dan nilai *flow* debit yang didapatkan sebesar 5 m<sup>3</sup>/s dibandingkan dengan data keempat memiliki nilai *pressure* 175292,25 *pa* lebih besar dan nilai *flow* debit sebesar 55 m<sup>3</sup>/s.

#### Grafik Hasil Perhitungan Efisiensi

Berikut adalah grafik hasil dari perhitungan efisiensi pada *secondary air fan*.



**Gambar 5.** Grafik hasil perhitungan *flow* debit terhadap efisiensi



**Gambar 6.** Grafik Hasil Perhitungan *pressure* terhadap efisiensi

Setelah melakukan perhitungan mendapatkan hasil perhitungan yang dijadikan grafik hasil perhitungan, Yang dimana pada perhitungan efisiensi pada *secondary air fan* mendapatkan hasil nilai efisiensi yang berbeda yang dimana pada nilai pertama *flow* debit 55 Normal m<sup>3</sup>/s dan *pressure* 182385 *pa* mendapatkan nilai efisiensi sebesar 30,5 % dan pada nilai yang kedua pada *flow* debit 54 Normal m<sup>3</sup>/s dan *pressure* 184411,5 *pa* mendapatkan nilai efisiensi sebesar 29,7 % dan terjadi penurunan pada nilai efisiensi kedua disebabkan oleh nilai *flow* yang kedua turun tetapi pada nilai *pressure* yang kedua lebih tinggi pada nilai *pressure* yang kedua, Semakin tingginya nilai *pressure* yang terjadi maka tidak normalnya *pressure* yang didapatkan.

Pada data efisiensi ketiga mendapatkan nilai sebesar 36,99 % dengan nilai *flow* debit 51 Normal m<sup>3</sup>/s dan nilai *pressure* 147934,5 *pa*, Bisa dilihat bahwa pada nilai efisiensi ketiga mendapatkan nilai yang lebih tinggi dari pada nilai pertama dan kedua yaitu sebesar 36,99 % dengan nilai *flow* debit 51 Normal m<sup>3</sup>/s dan nilai *pressure* 147934,5 *pa*, Mendapatkan nilai efisiensi lebih tinggi dikarenakan stabil pada nilai *pressure* yang didapatkan. Pada nilai efisiensi ke empat mendapatkan nilai sebesar 31,9 % dengan nilai *flow* debit Normal 55 m<sup>3</sup>/s dan *pressure* 175292,25 *pa* dan pada nilai ke empat terjadi penurunan dikarenakan pada nilai *pressure* yang semakin tinggi dan juga nilai *flow* debit yang mengakibatkan nilai efisiensi yang didapatkan lebih rendah dari nilai efisiensi ketiga.

Dapat disimpulkan bahwa kestabilan nilai dari *pressure* dan nilai *flow* debit akan berpengaruh untuk mendapatkan nilai efisiensi, Karena ada kotoran udara pada *windbox* yang membuat *pressure* menjadi naik turun sehingga semakin tinggi nilai dari *pressure* dan akan berpengaruh untuk supply udara pada proses pembakaran pada *black liquor* yang kurang sempurna atau melebihi nilai *pressure* yang di inginkan.

#### 4.3.4 Kecepatan Tekanan Udara

##### 1. *Primary Air Fan*

$$\begin{aligned}\dot{m} &: \rho \cdot v \cdot A \\ &: 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 25 \text{ m/s} \cdot 1,5 \text{ m}^2 \\ &: 45 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\end{aligned}$$

##### 2. *Secondary Air Fan*

$$\begin{aligned}\dot{m} &: \rho \cdot v \cdot A \\ &: 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 28 \text{ m/s} \times 2 \text{ m}^2 \\ &: 67,2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\end{aligned}$$

#### Daya Motor Listrik

$$\begin{aligned}P &: \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos phi} \\ &: \sqrt{3} \times 440 \times 31,56 \times 0,85 \\ &: 2.044, 415 \text{ Watt / Jam}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang didapatkan dan analisa yang dilakukan tersebut penulis dapat mengetahui bahwa nilai *flow* debit dan *pressure* yang didapatkan akan berpengaruh pada hasil efisiensi yang di dapatkan, Semakin tinggi nilai dari *pressure* tersebut semakin rendah nilai efisiensi yang didapatkan dan begitu juga sebaliknya, Jika nilai dari *pressure* itu semakin rendah maka nilai dari efisiensi akan semakin tinggi tergantung dari kebutuhan *pressure* untuk mensupply udara masuk ke dalam ruang bakar yang akan membantu proses pembakaran tergantung dari ketebalan dari *black liquor* yang akan di bakar di dalam *furnace*. Pada nilai *flow* debit menjadi naik turun diakibatkan oleh kotorannya pada *wind box* oleh karena itu harus dilakukan *maintenance corrective* agar nilai pada *flow* debit tetap stabil dari nilai standar yang di inginkan. Sehingga pada proses pembakaran *black liquor* yang terjadi di dalam *furnace* menjadi hasil yang di inginkan agar bisa masuk ke dalam proses *recausticizing plant*.

#### KESIMPULAN

Penelitian mengenai analisis variasi pembukaan *dumper* pada *primary* dan *secondary air fan* terhadap pembakaran *black liquor* di *recovery boiler* PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk menyimpulkan bahwa aliran udara (*flow debit*) dari kedua *fan* berpengaruh signifikan terhadap proses pembakaran di *furnace*, di mana besarnya aliran tergantung pada densitas dan kelembapan udara. Pembukaan *dumper* juga memengaruhi suplai udara ke *furnace*, di

mana semakin besar bukaannya, semakin besar pula kapasitas udara yang masuk, menyesuaikan kebutuhan pembakaran. Selain itu, pembersihan *nozzle* secara berkala (setiap jam) diperlukan untuk menjaga konsistensi penyemprotan *black liquor* agar pembakaran optimal. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan optimasi pembukaan *dumper* dengan mempertimbangkan variasi kelembapan dan densitas udara, menganalisis dampak frekuensi pembersihan *nozzle* terhadap efisiensi pembakaran dan kualitas *smelt*, serta mengembangkan sistem kontrol otomatis berbasis kondisi *real-time* guna meningkatkan stabilitas pembakaran dan efisiensi energi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adi Pratama, A. (2022). Seni Industri Pemasaran dan Penjualan Terhadap Ketahanan Resesi Industri Dunia Menghadapi Konflik Rusia-Ukraina. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, 14(2). <https://doi.org/10.55049/jeb.v14i2.115>
- Affandi, R. Y., Kindhi, B. A. K., & Priambodo, J. (2022). Sistem Kendali Mesin Boiler dengan Metode Networked Control Systems Menggunakan Aplikasi Haiwell Cloud. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i1.72325>
- Heeres, A., Schenk, N., Muizebelt, I., Blees, R., De Waele, B., Zeeuw, A. J., Meyer, N., Carr, R., Wilbers, E., & Heeres, H. J. (2018). Synthesis of Bio-aromatics from Black Liquors Using Catalytic Pyrolysis. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 6(3). <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b03728>
- Kharisma dan Budiman. (2020). Perhitungan Efisiensi (Eficiency) Mesin Boiler Jenis Fire – Tube Menggunakan Metode Direct dan Indirect untuk Produk Butiran – Butiran Pelet. *Ug Jurnal*, 14.
- Khoirudin, K. (2019). Optimasi Desain Pada Dinding Furnace Dengan Temperatur Kerja 1000 C. *JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN*, 3(1). <https://doi.org/10.52447/jktm.v3i1.1054>
- Lappalainen, J., Baudouin, D., Hornung, U., Schuler, J., Melin, K., Bjelić, S., Vogel, F., Konttinen, J., & Joronen, T. (2020). Sub- And supercritical water liquefaction of kraft lignin and black liquor derived lignin. In *Energies* (Vol. 13, Issue 13). <https://doi.org/10.3390/en13133309>
- Morya, R., Kumar, M., Tyagi, I., Kumar Pandey, A., Park, J., Raj, T., Sirohi, R., Kumar, V., & Kim, S. H. (2022). Recent advances in black liquor valorization. In *Bioresource Technology* (Vol. 350). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126916>
- Mutiah, T., Razali, G., & Raharjo, A. (2019). Strategi Mnc Group Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Kompetisi Di Pasar Bisnis Industri Media Penyiaran 4.0. *Ekspresi Dan Persepsi : Jurnal Ilmu Komunikasi*, 2(1). <https://doi.org/10.33822/jep.v2i1.973>
- Pola, L., Collado, S., Oulego, P., & Díaz, M. (2022). Kraft black liquor as a renewable source of value-added chemicals. In *Chemical Engineering Journal* (Vol. 448). <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137728>
- Polewangi, Y. D. (2019). Analisis Sistem Perawatan Mesin Boiler pada Industri Kelapa Sawit. *Industrial Engineering Journal*, 8(2). <https://doi.org/10.53912/iejm.v8i2.402>
- Pratama, R. A., Nida, S., Amita, S., & Hernaningsih, A. (2021). Alternatif Proses Bleaching untuk Mewujudkan Industri Pulp & Paper yang Berkelanjutan; Review Teknologi. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 14(2).
- Putra, A. K., & Sardiko, O. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Efisiensi Pada Mesin Boiler Dbu Berbasis Web. *Jurnal Instrumentasi Dan Teknologi Informatika (JITI)*, 2(2).

- Sari, R. M., & Nugraha, E. (2019). Lean Supply Chain Sebagai Strategi Peningkatan Produktivitas (Studi Kasus: Pt. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk.). *Jurnal Competitive*, 14(2).
- Septiningrum, K., & Pramuaji, I. (2017). Aplikasi Enzim Di Industri Pulp Dan Kertas: I. Bidang Pulp (Enzyme Application In Pulp And Paper Industry: I. Pulp Section). *Jurnal Selulosa*, 7(01). <https://doi.org/10.25269/jsel.v7i01.161>
- Sufra, R., Latifah, L., Susilo, N. A., Adriansyah, E., Wati, L. A., Yulia, A., Syaiful, M., Viareco, H., Marhadi, M., Ghony, M. A., & Herawati, P. (2023). Pemanfaatan Sisa Kulit Kayu sebagai Karbon Aktif dalam Pengolahan Air Lindi Industri Pulp and Paper. *Jurnal Civronlit Unbari*, 8(1). <https://doi.org/10.33087/civronlit.v8i1.106>
- Wiya, R. A. (2022). Analisis Tantangan E-Commerce Dalam Mengimplementasikan Hukum Persaingan Usaha Di Indonesia. *Ilmu Hukum Prima (IHP)*, 4(3). <https://doi.org/10.34012/jihp.v4i3.2152>