

# PENAMBAHAN ETANOL SEBAGAI EKSTRAKTOR LIGNIN DALAM MENGURANGI KONSUMSI NAOH DAN DEGRADASI FIBER PADA MEDIUM CONSISTENCY OXYGEN STAGE

Nurul Ajeng Susilo<sup>1\*</sup>, dan Yella Veliana Kesuma<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

## ABSTRAK

Konsumsi NaOH untuk kegiatan produksi di Industri Pulp seringkali tidak tercukupi akibat dari terbatasnya kemampuan pabrik untuk memproduksi NaOH. *MCO<sub>2</sub>* (*Medium Consistency Oxygen*) merupakan salah satu tahapan proses yang memerlukan NaOH dalam jumlah besar sehingga rentan terhambat prosesnya jika terjadi kekurangan pasokan NaOH. Selain itu, permasalahan yang sering terjadi pada tahapan *MCO<sub>2</sub>* adalah tingkat degradasi *fiber* yang tinggi, yang berakibat pada penurunan viskositas dan kekuatan pulp. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan NaOH dan degradasi *fiber* melalui penambahan etanol. Metode yang digunakan yaitu dengan memvariasikan proporsi penambahan etanol dan NaOH pada temperatur 80°C dan waktu reaksi 80 menit. Proporsi yang paling optimum kemudian divariasikan temperatur dan waktu reaksi nya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variasi dosis, 50%:50% merupakan proporsi etanol dan NaOH yang paling optimum dengan nilai bilangan kappa 18, viskositas 1068,11 Cm<sup>3</sup>/gr, dan *brightness* 32,15 % ISO. Namun untuk mencapai kualitas yang lebih baik dari penggunaan dosis 100% NaOH, temperatur pada saat pereaksian pulp harus dinaikkan menjadi 85°C sehingga menghasilkan pulp dengan bilangan kappa 17,3, viskositas 1056,78 Cm<sup>3</sup>/gr, dan *brightness* 32,56 % ISO atau dengan memperpanjang waktu reaksi menjadi 90 menit sehingga menghasilkan pulp dengan bilangan kappa 15,6 viskositas 1023,04 Cm<sup>3</sup>/gr, dan *brightness* 32,69 % ISO.

**Kata Kunci :** Bilangan Kappa, Degradasi *Fiber*, Etanol, *MCO<sub>2</sub>*, dan NaOH

## ABSTRAK

*Consumption NaOH for production activities in the Pulp Industry is often not fulfilled due to the limited ability of factories to produce NaOH. MCO<sub>2</sub> (Medium Consistency Oxygen) is one of the stages of the process that required large amounts of NaOH, so that the process is vulnerable to being hampered if there is shortage of NaOH supply. In addition, the problem that is often encountered in the MCO<sub>2</sub> stage is the high degradation of the fiber which results in a decrease in the viscosity and strength of the pulp. This study aims to reduce the use of NaOH and fiber degradation through the addition of ethanol. The method used by varying the proportion of the addition of ethanol and NaOH at a temperature of 80°C and a reaction time of 80 minutes. The most optimum proportion then varied the temperature and reaction time.. The results showed that in the doses variation, 50%:50% is the most optimum proportion of ethanol and NaOH with a kappa number 18, viscosity 1068.11 Cm<sup>3</sup>/gr and brightness 32.15% ISO. However, to achieve better quality from the use of a 100% NaOH dose, the temperature at the time of pulp reaction must be increased to 85°C so as to produce pulp with a kappa number of 17.3, viscosity 1056.78 Cm<sup>3</sup>/gr and brightness 32.56% ISO or by extending the reaction time to 90 minutes to produce pulp with a kappa number of 15.6, a viscosity of 1023.04 Cm<sup>3</sup>/gr, and brightness of 32.69% ISO.*

**Keywords:** Kappa Number, Fiber Degradation, Ethanol, *MCO<sub>2</sub>* and NaOH

---

<sup>1\*</sup>Corresponding author: [nurulajeng20@gmail.com](mailto:nurulajeng20@gmail.com); [yellavelianakesuma@gmail.com](mailto:yellavelianakesuma@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Natrium hidroksida atau NaOH merupakan salah satu bahan kimia dasar yang berperan penting dalam proses produksi di berbagai industri domestik seperti industri pulp dan kertas, industri sabun dan deterjen, industri kimia organik dan lain-lain. NaOH tidak hanya digunakan sebagai bahan pendukung, namun juga digunakan sebagai bahan baku utama. Kebutuhan NaOH di Indonesia cukup tinggi dan terus meningkat setiap tahunnya (Azhaar, 2018). Jumlah impor NaOH pada tahun 2018 mengalami kenaikan yang cukup drastis dari 44.866 ton menjadi 64.113 ton (*United Nations Commodity Trade*). Sementara itu, tingginya angka impor bahan baku dapat menghambat kontinuitas (Azhaar, 2018) dan menurunkan produktivitas industri tersebut (Oktaviani & Djamaluddin, 2020). NaOH pada industri pulp digunakan sebagai komponen kunci dari *white liquor* untuk memisahkan lignin dari serat selulosa dalam proses *kraf* dan sekaligus berperan pada beberapa tahap lanjutan meliputi delignifikasi oksigen, ekstraksi oksidatif, dan ekstraksi sederhana (Nahri & Bachmid, 2018). NaOH merupakan bahan kimia murni dengan konsumsi terbesar pada departemen *fiberline* dengan rata-rata penggunaan mencapai 27,06 Kg/ADT (*daily report Fiberline*, 2021) sehingga, kurangnya ketersediaan NaOH dapat menghambat banyak proses produksi baik pada *Cooking stage*, *MCO<sub>2</sub> stage* maupun *bleaching stage*.

*MCO<sub>2</sub>* merupakan proses delignifikasi lanjutan dari proses *kraft pulping* atau sebagai langkah awal sebelum melalui proses pemutihan. Kekurangan proses *MCO<sub>2</sub>* yaitu terdapat pada tingkat degradasi selulosa nya yang tinggi atau dari segi selektivitas yang tidak baik (Irawan, Darmawan, Roesyadi, & Prajitno, 2020). Selektivitas pada *MCO<sub>2</sub>* yang tidak baik tergambar dari data *daily report* Departemen *Fiberline* PT. X tahun 2020 yang menunjukkan bahwa rata-rata nilai viskositas dan bilangan kappa pada pulp yang dihasilkan belum memenuhi target yang ingin dicapai, sedangkan parameter penting yang dapat menggambarkan keberhasilan dari hasil proses *MCO<sub>2</sub>* adalah *pulp yield*, bilangan kappa dan viskositas (Jafari, Nieminen, Sixta, & Heiningen, 2015). Secara tidak langsung, *kappa number* dan nilai viskositas yang belum tercapai dapat mengurangi fungsi dari *MCO<sub>2</sub> stage* dalam menghemat bahan kimia yang mahal dan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pemutihan pulp (Bazliah, et al., 2021).

Lignin memiliki sifat dapat larut pada senyawa organik, dan karbohidrat larut dalam air, sedangkan selulosa tidak larut pada keduanya. Penambahan etanol yang merupakan pelarut organik lebih dapat meminimalisir terdegradasinya selulosa (Utomo & Fadila, 2020). Etanol baik digunakan sebagai pelarut karena mampu mendegradasi dinding sel

sehingga senyawa bioaktif lebih mudah keluar dari sel tanaman, dan penambahan etanol ke dalam larutan soda dapat memperbaiki selektivitas reaksi terhadap lignin (Suhendra, Widarta, & Wiadnyani, 2019). Pelarut etanol digunakan karena adanya pemutusan ikatan  $\alpha$ -eter lignin dan selulosa sehingga lignin menjadi terlarut (Utomo & Fadila, 2020).

Berdasarkan hasil penelitian Irawan, (2020) menyatakan bahwa penambahan etanol pada proses *MCO<sub>2</sub>* dapat meningkatkan degradasi atau penghilangan lignin, namun juga berperan meminimalisir degradasi *fiber* yang dapat tergambar melalui nilai viskositas yang dihasilkan pada proses *MCO<sub>2</sub>*. Oleh karena itu, dari latar belakang diatas penulis melakukan penelitian dengan judul “Penambahan Etanol sebagai Ekstraktor Lignin dalam mengurangi konsumsi NaOH dan Degradasi *Fiber* pada *Medium Consistency Oxygen Stage*”. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan proporsi etanol dan NaOH yang paling optimum melalui analisa hasil uji *kappa number*, *brightness*, dan viskositas, untuk mengidentifikasi pengaruh variasi temperatur dan waktu reaksi terhadap *kappa number*, *brightness*, dan viskositas dan untuk mengetahui pengaruh penambahan etanol terhadap konsumsi NaOH dan kualitas pulp pada *MCO<sub>2</sub> stage*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan bahan baku pulp dari *outlet washpress* 3, Etanol, NaOH dan *demin water*. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah variasi dosis dengan berbagai proporsi, yang disajikan pada **tabel 1**. Proporsi yang paling optimum pada variasi dosis digunakan untuk variasi temperatur dan variasi waktu reaksi. Parameter yang diuji adalah *kappa number*, viskositas dan *brightness*. Penelitian diawali dengan pengujian karakteristik sampel pulp dan bahan kimia, lalu pemasakan sampel menggunakan dosis 100% NaOH yang digunakan sebagai target pencapaian dalam penelitian ini, lalu diuji kembali *kappa number*, viskositas dan *brightness*nya. Kemudian dilakukan pemasakan menggunakan berbagai proporsi etanol dan NaOH, setelah itu diuji kembali *kappa number*, viskositas dan *brightness*. Nilai yang didapat tersebut dianalisis untuk menentukan proporsi yang paling optimum. Setelah didapatkan proporsi yang paling optimum, proporsi tersebut digunakan sebagai dosis bahan kimia pada variasi temperatur 80°C, 85°C 90°C dan 95°C serta waktu reaksi 70 menit, 75 menit, 80 menit, 85 menit dan 90 menit. Kemudian dilakukan pengujian hasil pemasakan berupa *kappa number*, viskositas dan *brightness*. Hasil yang didapat dari semua variasi dibandingkan dengan target apakah sudah memenuhi atau tidak. Metode yang

digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan rancangan penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Dalam penyajian data, penelitian ini menggunakan grafik scatter karena grafik ini secara grafis dapat menggambarkan hubungan antara dua variabel kuantitatif.

**Tabel 1. Variasi Dosis Penelitian**

Proporsi Etanol dan NaOH	Chemical Charge	
	Etanol (Kg/ADT)	NaOH (Kg/ADT)
Blank	0	0
Target yang ingin dicapai	0	20
100%:0%	20	0
90%:10%	18	2
80%:20%	16	4
70%:30%	14	6
60%:40%	12	8
50%:50%	10	10
40%:60%	8	12
30%:70%	6	14
20%:80%	4	16
10%:90%	2	18

**Pengujian Karakteristik Awal Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu bahan baku pulp dan bahan kimia. Pulp yang telah diambil pada *outlet washpress 3* dilakukan pengujian konsistensi, *kappa number*, viskositas dan *brightness*. Bahan baku pulp yang digunakan pada variasi dosis dan temperatur diambil pada hari yang berbeda dengan bahan baku untuk variasi waktu reaksi, sehingga pengujian karakteristik awal bahan baku pulp juga dilakukan sebanyak dua kali. Sementara, untuk mengetahui karakteristik awal bahan kimia yang digunakan seperti NaOH dan etanol, dilakukan pengujian pH dan konsentrasi. Berikut hasil pengujian karakteristik awal bahan baku.

**Tabel 2. Karakteristik Awal Bahan Baku Pulp pada Variasi Dosis dan Temperatur**

Parameter	Satuan	Nilai
Konsistensi	%	29
<i>Kappa Number</i>	-	22,15
Viskositas	(Cm <sup>3</sup> /gr)	1179,09
<i>Brightness</i>	% ISO	26,75

**Tabel 3. Karakteristik Awal Bahan Baku Pulp pada Variasi Waktu Reaksi**

Parameter	Satuan	Nilai
Konsistensi	%	30,32
<i>Kappa Number</i>	-	19,75
Viskositas	(Cm <sup>3</sup> /gr)	1054,31
<i>Brightness</i>	% ISO	30,32

**Tabel 4. Karakteristik Awal Bahan Kimia**

Bahan Kimia	Konsentrasi	pH
Natrium Hidroksida	434,30 g/l	14,7
Etanol	99,7 %	8,5

**Pemasakan Sampel Pulp Menggunakan Bahan Kimia NaOH dan Pengujian Hasil Pulp**

Pemasakan sampel pulp menggunakan bahan kimia NaOH tanpa penambahan etanol dilakukan untuk membandingkan kualitas pulp yang dihasilkan sebelum dan setelah penambahan etanol, serta untuk mengetahui sejauh mana penambahan etanol mampu mengurangi konsumsi NaOH, sehingga hasil dari pengujian nya digunakan sebagai target yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Pada proses pemasakan, NaOH ditambahkan pada sampel pulp sebanyak 20 Kg/ADT, kemudian ditambahkan demin water hingga konsistensinya 10%. Setelah itu dihomogenkan dan dimasukkan ke dalam *waterbath* dengan temperatur 80°C dan waktu reaksi 80 menit. Setelah proses pemasakan selesai, pulp diuji *kappa number*, viskositas dan *brightness*. Berikut hasil pengujian pulp pada pemasakan menggunakan bahan kimia NaOH yang digunakan sebagai target yang diinginkan dalam penelitian ini.

**Tabel 5. Target Parameter pada Variasi Dosis dan Temperatur.**

Parameter	Target
<i>Kappa Number</i>	≤ 17,6
Viskositas	≥ 1050,71 Cm <sup>3</sup> /gr
<i>Brightness</i>	≥ 32,10 % ISO

**Tabel 6. Target Parameter pada Variasi Waktu Reaksi**

Parameter	Target
<i>Kappa Number</i>	≤ 15,8
Viskositas	≥ 1017,46
<i>Brightness</i>	≥ 32,66

**Pemasakan Menggunakan Berbagai Proporsi Etanol dan NaOH dan Pengujian Hasil Pulp**

Pemasakan pada variasi dosis menggunakan berbagai proporsi etanol dan NaOH seperti yang tertera pada **tabel 1**. Setelah ditambahkan bahan kimia, dilakukan penambahan *demin water* hingga konsistensinya 10%, dan di masak pada *waterbath* menggunakan temperatur 80°C dan waktu reaksi 80 menit. Setelah proses pemasakan, dilakukan pengujian *kappa number*, viskositas dan *brightness*.

**Analisis Proporsi Optimum**

Penentuan proporsi yang paling optimum dilakukan berdasarkan nilai *kappa number*, *brightness* dan viskositas yang dihasilkan pada proses pemasakan pulp. *Kappa number* yang kecil dan *brightness* yang tinggi menandakan rendahnya kandungan lignin yang terkandung dalam pulp, yang menjadi

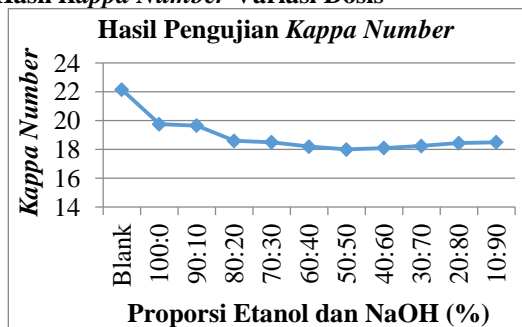
salah satu parameter keberhasilan dari proses delignifikasi tersebut. Sehingga, semakin rendah *kappa number* dan semakin tinggi *brightness*, maka semakin optimum proses delignifikasi dari proporsi tersebut. Namun nilai viskositasnya juga harus sangat diperhatikan dan harus memenuhi target yang diinginkan dalam penelitian, karena viskositas yang tinggi akan menghasilkan pulp dengan sifat ketahanan fisik yang baik.

**Pemasakan dengan Variasi Temperatur dan Waktu Reaksi dan Pengujian Hasil Pulp**

Proporsi etanol dan NaOH yang paling optimum digunakan pada pemasakan untuk variasi temperatur dan waktu reaksi. Pada Variasi temperatur, suhu yang digunakan adalah 80°C, 85°C 90°C dan 95°C dengan waktu reaksi 80 menit dan konsistensi 10%. Sedangkan pada variasi waktu reaksi, waktu yang digunakan adalah 70 menit, 75 menit, 80 menit, 85 menit dan 90 menit dengan temperatur tetap yaitu 80°C dan konsistensi 10 %. Setelah pemasakan dilakukan, dilanjutkan dengan pengujian *kappa number*, viskositas dan *brightness*. Lalu hasil yang di dapat, dibandingkan dengan nilai target yang ingin dicapai.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Kappa Number Variasi Dosis**



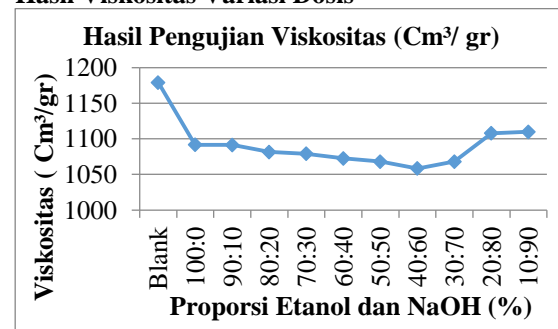
**Gambar 1. Hasil Kappa Number Variasi Dosis**

*Kappa number* pada seluruh variasi dosis mengalami penurunan jika dibandingkan dengan *blank*, penurunan tersebut menandakan bahwa terjadinya degradasi lignin pada pulp. Proses delignifikasi terjadi karena etanol dan NaOH memiliki kemampuan dalam mendegradasi dan melarutkan lignin (Utomo & Fadila, 2020). Berdasarkan **gambar 1**, terlihat grafik bahwa nilai *kappa number* mulai menurun pada proporsi etanol dan NaOH 100%:0%, 90%:0%, 80%:20%, 70%:30%, 60%:40%, hingga 50%:50% dengan nilai berturut-turut 19,75, 19,65, 18,6, 18,5, 18,2, dan 18. Namun *kappa number* meningkat kembali pada proporsi etanol dan NaOH 40%:60%, 30%:70%, 20%:80%, dan 10%:90% dengan *kappa number* berturut-turut 18,1, 18,25, 18,45, dan 18,5. Penurunan *kappa number* tersebut salah satunya dipengaruhi oleh sifat NaOH yang mudah larut

dalam etanol (Jacobus, Pontoh, & Wuntu, 2021), sedangkan peningkatan kembali nilai *kappa number* disebabkan oleh sifat dari etanol yang dapat menguap pada suhu tinggi, sehingga menurunkan kelarutan lignin (Handojo, Susanto, Reynard, & Iryani, 2019).

Dalam penelitian ini, target *kappa number* yang ingin dicapai yaitu melalui nilai yang didapat dari pemasakan sampel pulp yang sama menggunakan NaOH 100% tanpa campuran etanol. Dari pereaksian tersebut didapat *kappa number* sebesar 17,6 yang dijadikan sebagai acuan atau target yang ingin dicapai. Sehingga dapat dilihat dari data pada grafik bahwa nilai *kappa number* pada semua variasi dosis etanol dan NaOH belum bisa mencapai target yang telah ditentukan. Namun dari semua variasi, ditemukan proporsi dosis yang optimum antara etanol dan NaOH yaitu 50%:50% yang memiliki nilai *kappa number* terendah sebesar 18, karena dalam proses delignifikasi, nilai *kappa number* yang kecil menandakan rendahnya kandungan lignin yang terkandung dalam pulp, yang menjadi salah satu parameter keberhasilan dari proses delignifikasi tersebut.

**Hasil Viskositas Variasi Dosis**



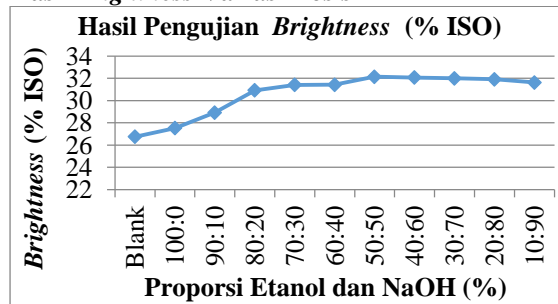
**Gambar 2. Hasil Viskositas Variasi Dosis**

Nilai viskositas pulp pada seluruh variasi dosis etanol dan NaOH setelah terjadinya pemasakan mengalami penurunan jika dibandingkan dengan *blank*. Penurunan mulai terjadi pada proporsi etanol dan NaOH 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, 60%:40%, 50%:50%, hingga 40%:60% dengan viskositas berturut-turut sebesar 1091,77 Cm<sup>3</sup>/gr, 1091,39 Cm<sup>3</sup>/ gr, 1081,61 Cm<sup>3</sup>/ gr, 1079,04 Cm<sup>3</sup>/ gr, 1072,65 Cm<sup>3</sup>/gr, 1068,11 Cm<sup>3</sup>/ gr, dan 1058,44 Cm<sup>3</sup>/ gr, namun pada proporsi etanol dan NaOH 30%:70% terjadi peningkatan kembali pada nilai viskositasnya, peningkatan kembali terjadi mulai dari proporsi etanol dan NaOH 30%:70%, 20%:80%, dan 10%:90% dengan viskositas berturut-turut sebesar 1068,11 Cm<sup>3</sup>/ gr, 1107,86 Cm<sup>3</sup>/ gr, dan 1109,92 Cm<sup>3</sup>/ gr. Penurunan atau kenaikan viskositas dipengaruhi juga oleh proses delignifikasi dan nilai *kappa number*. Peningkatan delignifikasi dan pengurangan *kappa number* mendorong degradasi pulp yang lebih

tinggi yang menghasilkan produksi pulp dengan fragmentasi serat halus yang lebih tinggi dan viskositas yang lebih rendah (Darmawan, Aria 2020).

Target viskositas yang ingin dicapai adalah  $\geq 1050,71 \text{ Cm}^3/\text{gr}$  yang didapat dari pereaksian menggunakan 100% NaOH. Berdasarkan **gambar 2**, terlihat grafik bahwa, nilai viskositas pada semua variasi dosis etanol dan NaOH telah memenuhi target yang ingin dicapai, dan penambahan etanol pada proses delignifikasi dapat meningkatkan nilai viskositas, namun hal tersebut juga dipengaruhi oleh nilai *kappa number* yang didapat, karena viskositas berbanding lurus dengan nilai *kappa number*. Semakin tinggi nilai *kappa number* yang dihasilkan maka semakin tinggi juga nilai viskositas dikarenakan efek dari kurang optimalnya reaksi pada saat proses delignifikasi (Apriani & Akbar, 2021). Pada proporsi etanol dan NaOH optimum 50%:50%, nilai viskositas yang didapat 1068,11  $\text{Cm}^3/\text{gr}$ . Hal tersebut menandakan bahwa kondisi selulosa pada proses delignifikasi pada proporsi tersebut masih baik jika dibandingkan dengan besarnya penurunan *kappa number*.

**Hasil Brightness Variasi Dosis**

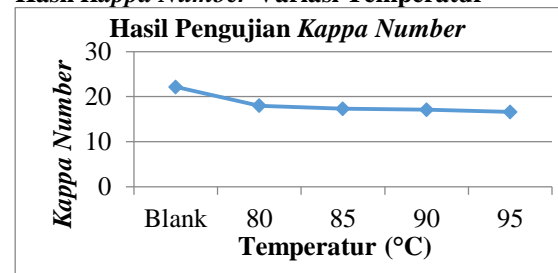


**Gambar 3. Hasil Brightness Variasi Dosis**

Berdasarkan **gambar 3**, terlihat grafik yang menunjukkan bahwa terjadi kenaikan *brightness* pada seluruh variasi dosis jika dibandingkan dengan *blank*, kenaikan *brightness* mulai terjadi pada proporsi etanol dan NaOH 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, 60%:40%, 50%:50% dengan nilai *brightness* berturut-turut 27,53 % ISO, 28,93 % ISO, 30,92 % ISO, 31,41 % ISO, 31,43 % ISO, dan yang tertinggi 32,15 % ISO. Setelah proporsi 50%:50%, nilai *brightness* turun kembali pada proporsi etanol dan NaOH 40%:60%, 30%:70%, 20%:80%, dan 10%:90% dengan nilai *brightness* berturut-turut 32,08 % ISO, 32,01 % ISO, 31,92 % ISO, hingga 31,64 % ISO. Kenaikan nilai *brightness* disebabkan karena berkurangnya kandungan lignin pada pulp yang ditandai dengan rendahnya *kappa number*, semakin rendah nilai *kappa number* yang dihasilkan membuat nilai *brightness* semakin tinggi dikarenakan *lignin* akan berpengaruh terhadap nilai kecerahan suatu pulp. *Brightness* (Derajat kecerahan) atau tingkat kecerahan pulp sangat di pengaruhi dan dapat mengindikasikan optimalisasi dalam proses

pemasakan (delignifikasi) terutama dalam hal penghilangan lignin pada serat, semakin sedikit residual lignin maka nilai *brightness* akan semakin tinggi atau semakin banyak lignin yang terdelignifikasi maka nilai *brightness* akan semakin tinggi (Apriani & Susantini, 2019). Pada penelitian ini tidak dilakukan proses pemutihan, sehingga *brightness* yang dihasilkan murni dari pengaruh perubahan proporsi bahan kimia etanol dan NaOH yang digunakan. Nilai *brightness* tertinggi pada variasi dosis etanol dan NaOH terdapat pada proporsi etanol dan NaOH 50%:50% yaitu 32,15 % ISO, nilai tersebut sudah memenuhi target parameter yang ingin dicapai yaitu  $\geq 32,10 \text{ % ISO}$ .

**Hasil Kappa Number Variasi Temperatur**



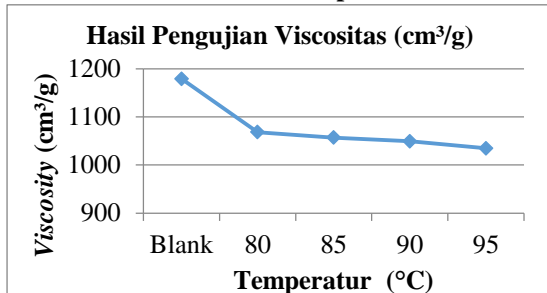
**Gambar 4. Hasil Kappa Number Variasi Temperatur**

Berdasarkan **gambar 4**, terlihat grafik yang menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin rendah nilai *kappa number* yang di dapat, temperatur yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pemecahan makromolekul yang semakin banyak, sehingga produk yang larut dalam alkali pun akan semakin banyak yang menyebabkan *kappa number* menjadi turun (Sixta, Herbert, 2006). Nilai *kappa number* pada variasi temperatur 80°C, 85°C, 90°C dan 95°C berturut-turut sebesar 18, 17,3, 17,1 dan 16,6. *Kappa number* tertinggi terdapat pada variasi temperatur 80°C yaitu 18, sedangkan *kappa number* terendah terjadi pada temperatur 95°C dengan *kappa number* 16,6. Penambahan temperatur sangat signifikan dalam menurunkan nilai *kappa number* karena semakin meningkatnya suhu pemasakan, maka kecepatan reaksi akan cenderung bertambah, maka proses pelarutan lignin pun akan bertambah cepat (Kusumo,P, et al., 2020) yang menyebabkan semakin banyak lignin yang akan terurai sehingga lignin yang akan tersisa semakin sedikit. (Permatasari, 2014 dalam (Ta'dung, 2020). Penambahan temperatur sebanyak 5°C pada setiap variasi sangat efektif dalam menurunkan nilai *kappa number* pada pulp sehingga nilai *kappa number* yang dihasilkan dapat melebihi target yang ingin dicapai pada pereaksian menggunakan NaOH 100%. Variasi 85°C, 90°C dan 95°C telah memenuhi target yang ingin dicapai yaitu  $\leq 17,6$ .



Pada muatan alkali tertentu, peningkatan temperatur memungkinkan laju awal yang cepat, berlanjut ke bilangan kappa yang lebih rendah, karena titik habis alkali tercapai lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi (Sixta, Herbert, 2006).

**Hasil Viskositas Variasi Temperatur**



**Gambar 5. Hasil Viskositas Variasi Temperatur**

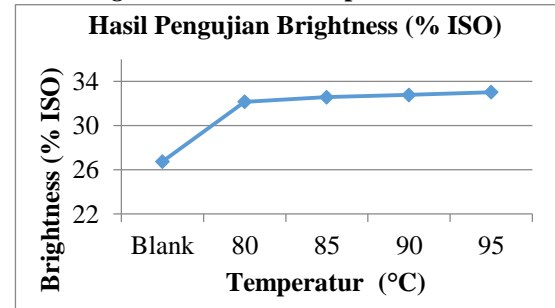
Berdasarkan **gambar 5**, terlihat grafik yang menunjukkan bahwa dengan bertambahnya temperatur, menyebabkan turunnya viskositas yang cukup signifikan, karena semakin tinggi temperatur pemasakan, maka semakin banyak senyawa makromolekul (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) yang terlarut dalam larutan pemasak. Pada kondisi ini juga menyebabkan viskositas menurun karena terjadi pemutusan rantai selulosa yang mengakibatkan rendahnya rendemen dan kekuatan pulp (Atindu, Nyayu Fia et al. 2021.). Viskositas tertinggi terdapat pada variasi temperatur 80°C dengan nilai 1068,11 Cm<sup>3</sup>/ gr. Kemudian viskositas terus menurun pada temperatur 85°C, 90°C dan 95°C dengan viskositas berturut-turut 1056,78 Cm<sup>3</sup>/ gr, 1049,25 Cm<sup>3</sup>/ gr, dan terendah 1034,49 Cm<sup>3</sup>/ gr.

Target viskositas yang ingin dicapai berdasarkan pemasakan menggunakan 100% NaOH adalah  $\geq 1050,71$  sehingga variasi temperatur yang memenuhi target adalah variasi temperatur 80°C dan 85°C, sedangkan viskositas variasi temperatur 90°C dan 95°C belum memenuhi target yang ingin dicapai. Hal tersebut dikarenakan temperatur yang terlalu tinggi, menyebabkan jumlah karbohidrat yang terdegradasi akan lebih besar daripada lignin yang terlarut sehingga menurunkan rendemen dan viskositas pulp (Sixta, Herbert, 2006).

Dalam proses delignifikasi, kondisi *fiber* akan mengalami penurunan kualitas (degradasi) sebagai akibat dari kondisi proses itu sendiri. Degradasi ini pada gilirannya akan menyebabkan *fiber* mengalami pemutusan rantai sebagai akibat dari pengaruh pemanasan, serta sifat bahan kimia yang dipergunakan. Hasil yang didapat sesuai dengan persamaan Arrhenius, yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu reaksi maka konstanta laju delignifikasi pun semakin meningkat, sehingga

suhu yang tinggi, menyebabkan lignin yang terdegradasi semakin banyak namun disisi lain polisakarida juga ikut terdegradasi dalam jumlah yang besar (Vasquez dkk,1994 dalam Bahri,2015).

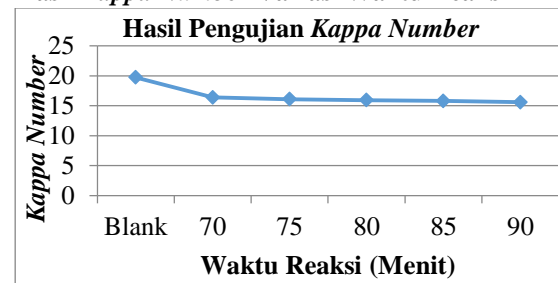
**Hasil Brightness Variasi Temperatur**



**Gambar 6. Hasil Brightness Variasi Temperatur**

Berdasarkan **gambar 6**, terlihat grafik yang menunjukkan bahwa nilai *brightness* pada pulp kian meningkat dengan bertambahnya temperatur pemasakan, pada variasi temperatur 80°C, 85°C, 90°C dan 95°C nilai *brightness* yang dicapai yaitu 32,15 % ISO, 32,56 % ISO, 32,77 % ISO, dan 33,02 % ISO, peningkatan tersebut cukup signifikan karena penambahan temperatur dapat meningkatkan laju delignifikasi sehingga kandungan lignin menurun, dengan menurunnya kandungan lignin menyebabkan pulp menjadi lebih cerah, karena warna gelap pada pulp umumnya disebabkan oleh lignin, yang merupakan salah satu komponen utama penyusun kayu yang tergolong ke dalam senyawa fenolik yang sangat mudah teroksidasi (Hartati N. S., 2016). Jadi semakin tinggi laju delignifikasi maka semakin tinggi pula *brightness* pulp. Nilai *brightness* pada semua variasi temperatur telah memenuhi target yang ingin dicapai yaitu  $\geq 32,10$  % ISO. Penambahan temperatur pemasakan sangat mampu mengoptimalkan nilai *brightness*.

**Hasil Kappa Number Variasi Waktu Reaksi**



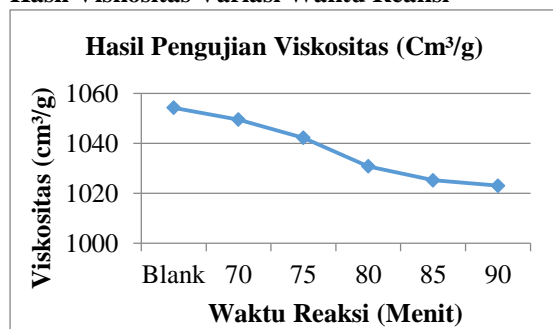
**Gambar 7. Hasil Kappa Number Variasi Waktu Reaksi**

Berdasarkan **gambar 7**, terlihat grafik yang menunjukkan bahwa *kappa number* yang didapatkan pada variasi waktu reaksi 70 menit, 75

menit, 80 menit, 85 menit dan 90 menit berturut-turut yaitu 16,4, 16,1, 15,95, 15,8, dan 15,6, yang berarti penambahan waktu reaksi dapat menurunkan nilai *kappa number* pada pulp, semakin lama waktu reaksi maka semakin turun *kappa number* nya, *kappa number* tertinggi terdapat pada variasi waktu reaksi 70 menit yaitu 16,4 sedangkan *kappa number* terendah terdapat pada variasi waktu reaksi 90 menit yaitu 15,6. Waktu reaksi yang lama mengakibatkan interaksi antar molekul lignin dan cairan pemasak semakin sering terjadi, sehingga menyebabkan lignin yang terlarut akan semakin banyak dan kandungan lignin yang diperoleh pun akan semakin rendah. Semakin lama waktu pemasakan yang digunakan maka semakin kecil bilangan kappa yang didapatkan. Sebaliknya, jika waktu pemasakan yang digunakan semakin singkat maka bilangan kappa yang dihasilkan semakin besar karena proses pemecahan lignin belum sempurna (Rachma, 2019).

Target *kappa number* yang ingin dicapai, dari pemasakan menggunakan NaOH 100% dengan waktu 80 menit adalah  $\leq 15,8$ , sehingga variasi waktu reaksi 70 menit, 75 menit dan 80 menit dapat dikatakan belum memenuhi target karena nilai *kappa number* yang didapat lebih tinggi dari target yang ingin dicapai. Sementara *kappa number* yang memenuhi target terdapat pada variasi waktu reaksi 85 menit dan 90 menit yang berarti parameter kualitas pulp berupa *kappa number* pada pemasakan menggunakan 100% NaOH dapat dicapai jika penambahan dosis etanol dan NaOH dengan proporsi 50%:50% dilakukan penambahan waktu reaksi menjadi 85 menit atau 90 menit untuk memaksimalkan proses delignifikasi yang terjadi.

#### Hasil Viskositas Variasi Waktu Reaksi



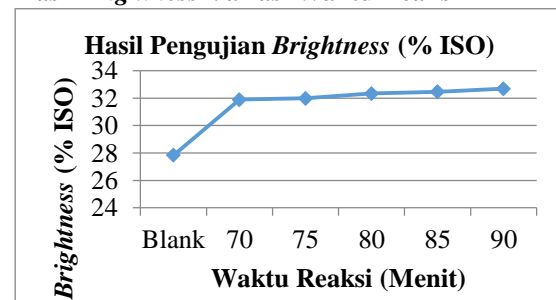
**Gambar 8. Hasil Viskositas Variasi Waktu Reaksi**

Berdasarkan **gambar 8.** terlihat grafik yang menunjukkan bahwa viskositas pada variasi waktu reaksi 70 menit, 75 menit, 80 menit, 85 menit dan 90 menit adalah 1049,56 Cm<sup>3</sup>/gr, 1042,22 Cm<sup>3</sup>/gr, 1030,80 Cm<sup>3</sup>/gr, 1025,20 Cm<sup>3</sup>/gr, dan 1023,04 Cm<sup>3</sup>/gr, sehingga dapat dikatakan bahwa waktu

reaksi yang lama dapat menurunkan nilai viskositas pada pulp. Penurunan viskositas ini disebabkan serat yang ada pada pulp semakin terurai. Dengan kata lain, ikatan yang ada pada pulp tersebut semakin terlepas satu sama lain yang membuat pulp tersebut semakin rapuh (Gunawan, Sihotang, & Thoha, 2012). Peningkatan waktu reaksi menyebabkan laju delignifikasi juga kian meningkat, namun peningkatan delignifikasi dan pengurangan kappa mendorong degradasi pulp yang lebih tinggi yang menghasilkan produksi pulp dengan fragmentasi serat halus yang lebih tinggi dan viskositas yang lebih rendah (Darmawan, Ramadhan, Dewi, Ni'mah, Roesyadi, & Kurniawansyah, 2020)

Viskositas tertinggi terdapat pada waktu reaksi 70 menit yaitu 1049,56 Cm<sup>3</sup>/gr. Semakin tinggi viskositas maka pulp yang dihasilkan akan memiliki kekuatan fisik yang semakin baik. Viskositas terendah terdapat pada variasi waktu reaksi 90 menit yaitu 1023,04 Cm<sup>3</sup>/gr. Target viskositas yang ingin dicapai yaitu  $\geq 1017,46$  yang menandakan bahwa nilai viskositas pada variasi waktu reaksi 70 menit, 75 menit, 80 menit, 85 menit dan 90 menit memenuhi target yang ingin dicapai. Penambahan waktu reaksi dapat meningkatkan laju delignifikasi namun tetap dapat menjaga degradasi selulosa pada pulp. Viskositas yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa rantai selulosa pada pulp masih panjang dan pulp yang dihasilkan memiliki kekuatan yang baik (Darmawan, Ramadhan, Dewi, Ni'mah, Roesyadi, & Kurniawansyah, 2020)

#### Hasil Brightness Variasi Waktu Reaksi



**Gambar 9. Hasil Brightness Variasi Waktu Reaksi**

Berdasarkan **gambar 9.** Terlihat grafik yang menunjukkan bahwa penambahan waktu reaksi dapat meningkatkan *brightness*, namun peningkatan tersebut tidak terlalu signifikan. Pada waktu reaksi 70 menit, 75 menit, 80 menit, 85 menit dan 90 menit nilai *brightness* semakin meningkat dengan nilai berturut-turut 31,89 % ISO, 31,99 % ISO, 32,34 % ISO, 32,46 % ISO, hingga mencapai nilai tertinggi 32,69 % ISO.

Target *brightness* yang ingin dicapai pada variasi waktu reaksi adalah 32,66 % ISO, namun variasi waktu reaksi 70 menit, 75 menit, 80 menit dan 85 menit menghasilkan pulp dengan *brightness* dibawah target, namun pada variasi waktu reaksi 90 menit, nilai *brightness* pulp yang didapat lebih tinggi dari target yang ingin dicapai. Hal tersebut dikarenakan penambahan waktu reaksi tidak terlalu banyak meningkatkan laju delignifikasi pada pemasakan, sehingga lignin yang terdegradasi tidak terlalu banyak yang menyebabkan tidak tercapainya nilai *brightness* yang diinginkan. Proporsi etanol dan NaOH 50%:50% baru dapat mencapai nilai *brightness* pada dosis 100% NaOH jika waktu pemasakan pulp diperpanjang menjadi 90 menit. Karena waktu reaksi yang lama mengakibatkan interaksi antar molekul lignin dan cairan pemasak semakin sering terjadi, sehingga menyebabkan lignin yang terlarut akan semakin banyak dan kandungan lignin yang diperoleh pun akan semakin rendah (Rachma, 2019). Sehingga semakin sedikit residual lignin maka nilai *brightness* akan semakin tinggi atau semakin banyak lignin yang terdelignifikasi maka nilai *brightness* akan semakin tinggi (Apriani & Susantini, 2019).

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa, Variasi dosis etanol dan NaOH yang paling optimal terjadi pada proporsi 50%:50% dengan pH 12,42, *kappa number* 18, viskositas 1067,67 Cm<sup>3</sup>/gr dan *brightness* 32,15 % ISO. Semakin bertambahnya temperatur dan waktu reaksi, maka nilai pH, *kappa number* dan viskositas pun semakin turun. Sedangkan nilai *brightness* semakin meningkat. Pada proporsi dosis etanol dan NaOH 50%:50%, temperatur terbaik terjadi pada suhu 85°C dengan pH 12,23, *kappa number* 17,3, viskositas 1056,78 Cm<sup>3</sup>/gr dan *brightness* 32,56 % ISO. Sementara, waktu reaksi terbaik terjadi pada 90 menit dengan pH 11,62, *kappa number* 15,6, viskositas 1023,04 Cm<sup>3</sup>/gr dan *brightness* 32,69 % ISO. Penggunaan etanol tidak bisa menggantikan NaOH 100%, NaOH hanya dapat dikurangi sebesar 50%. Untuk mendapatkan hasil *kappa number*, viskositas dan *brightness* yang lebih baik dari pada penggunaan NaOH 100%. Temperatur harus dinaikkan menjadi 85°C atau dengan memperpanjang waktu reaksi menjadi 90 menit.

## SARAN

Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai reaksi variasi dosis optimum yang dikombinasikan dengan oksigen serta diuji coba secara dua tahap

seperti kondisi dilapangan. Perlu dilakukan pengecekan pulp yield dan pengecekan menggunakan mikroskop beserta perhitungan derajat polimerisasinya untuk mengetahui lebih jauh mengenai degradasi *fiber* yang terjadi. Serta perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai peningatan temperatur terhadap penggunaan energi dan *cost* industri .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada *Asia Pulp and Paper (APP)* selaku pemberi dana penelitian ini

## REFERENSI

- Apriani, R., & Akbar, M. (2021). Pengaruh Lama Penyimpanan Chip Terhadap Kualitas Pulp. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, 12-13.
- Apriani, R., & Susantini, N. N. (2019). Studi pemanfaatan limbah pelepah sawit sebagai bahan baku pulp metode Organosolv disertai hidrotermal pretreatment . *JURNAL VOKASI TEKNOLOGI INDUSTRI, VOL. 1, NO. 1, 20*.
- Atindu, N. F., Yerizam, M., & Dewi, E. (2021). Rancang Bangun Digester Untuk Proses Pulping dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pelepah Pisang dengan Pelarut NaOH . *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia (JPTI)*, 371.
- Azhaar, D. H. (2018). *PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA DARI GARAM NaCl*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bahri, S. (2015). PembuatanPulpdari Batang Pisang. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal 4* : 2, 31.
- Bazliah, D., Wulansari, S., Darmawan, A., Idzati, E. M., Ni'mah, H., Roesyadi, A., et al. (2021). Prediction of Kappa number and carbohydrate degradation in oxygen delignification of Abaca fiber. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-2.
- Darmawan, A., Ramadhan, Y. A., Dewi, N. R., Ni'mah, H., Roesyadi, A., & Kurniawansyah, F. (2020). Effect of oxygen delignification process on the lignin content and wastewater quality from kraft-pulped Eucalyptus pellita. *AIP Conference Proceedings*, 1,2,5.
- Gunawan, A., Sihotang, D. E., & Thoha, M. Y. (2012). PENGARUH WAKTU PEMASAKAN DAN VOLUME



- LARUTAN PEMASAK TERHADAP VISKOSITAS PULP DARI AMPAS TEBU. *Jurnal Teknik Kimia No. 2, Vol. 18, 2-4,7.*
- Handojo, L. A., Susanto, H., Reynard, & Iryani, D. A. (2019). Pengaruh NaOH, Lignin dan Furfural terhadap Kesetimbangan Uap-Cair Etanol-pada Kondisi Isobarik. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 22(2)*, 43.
- Hartati, I., & Kholisoh, I. (2017). Proses Pulping Organosolv Berbantu Gelombang Mikro Ampas Tebu: Optimasi Parameter Proses dengan Response Surface Methodology . *Inovasi Teknik Kimia, Vol. 2, No. 2*, 48.
- Irawan, B. (2020). *Pengaruh Penambahan Ethanol Terhadap Peningkatan Selektifitas Proses Delignifikasi Dan Reduksi Fiber Dalam Tahap MCO2 ( Medium Consistency – O2 ) Pada Proses Pulping.* Surabaya: Doctoral thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Irawan, B., Darmawan, A., Roesyadi, A., & Prajitno, D. H. (2020). Improvement of Reaction Selectivity Performance with Alkali Charge and Reaction Time on Oxygen Delignification Process. *Moroccan Journal of Chemistry*, 2-3.
- Jacobus, M. M., Pontoh, J., & Wuntu, A. D. (2021). Pengaruh Transesterifikasi Minyak Kepala Ikan Tuna (Thunnus Albacares) Menggunakan Pereaksi Metanol dan Etanol . *JURNAL MIPA 10 (1) 15*, 15.
- Jafari, V., Nieminen, K., Sixta, H., & Heiningen, A. v. (2015). Delignification and cellulose degradation kinetics models for high lignin content softwood Kraft pulp during flow-through oxygen delignification. *journal Cellulose*, 2.
- Kusumo, P., Biyono, S., & S, T. (2020). Isolasi Lignin dari Serbuk Grajen Kayu Jati (Tectona Grandis) dengan Metode Klasson. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 130-131.
- Nahri, B. L., & Bachmid, N. M. (2018). *PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM HIDROKSIDA DARI LIMBAH BRINE DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN PERANCANGAN PABRIK.* Yogyakarta: UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA.
- Oktaviani, S., & Djamaluddin, S. (2020). PENGARUH IMPOR BAHAN BAKU DAN KOMPLEKSITAS PRODUK TERHADAP PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik Vol. 04 No. 01*, 23.
- Rachma, N. I. (2019). *Pengaruh Lama Perendaman, Konsentrasi Larutan Pemasak dan Waktu Pemasakan pada Pembuatan Pulp dari Bonggol Jagung .* Surakarta: SKRIPSI, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA.
- Sixta, H. (2006). *Handbook of Pulp.* Austria: Willey-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Suhendra, C. P., Widarta, I. W., & Wiadnyani, A. A. (2019). Pengaruh Konsentrasi Etanol terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rimpang Ilalang (Imperata Cylindrica (L) Beauv.) pada Ekstraksi menggunakan Gelombang Ultrasonik . *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan Vol. 8, No.1*, 30-31.
- Ta'dung, R. P. (2020). *Pemanfaatan Alang-Alang Sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Pulp.* Makassar: Skripsi, UNIVERSITAS BOSOWA
- United Nations Commodity Trade. (t.thn.). *UN Comtrade Database.* Dipetik Juli 05, 2022, dari UN Comtrade: <https://comtrade.un.org/data/>
- Utomo, Y., & Fadila, E. N. (2020). Isolasi Lignin dari Sekam Padi (Oriza Sativa L) Serta Pemanfaatannya. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal*, 21-22.