

**PENENTUAN ALKALI AKTIF, SULFIDITAS, DAN EFISIENSI
KAUSTISASI DALAM *WHITE LIQUOR* PADA PROSES KAUSTISASI DI
PT TANJUNGENIM LESTARI PULP AND PAPER**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



Oleh:

Dimas Pahlevi

08031182126002

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**PENENTUAN ALKALI AKTIF, SULFIDITAS, DAN EFISIENSI
KAUSTISASI DALAM *WHITE LIQUOR* PADA PROSES KAUSTISASI DI
PT TANJUNGENIM LESTARI PULP AND PAPER**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

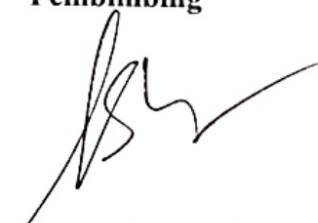
Dimas Pahlevi

08031182126002

Indralaya, 22 Mei 2025

Mengetahui,

Pembimbing


Dr. Addy Rachmat, M. Si

NIP. 197409282000121001

Mengetahui,

Dekan FMIPA


Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Halaman Seminar Hasil Dimas Pahlevi (08031182126002) dengan judul "Penentuan Alkali Aktif, Sulfiditas, dan Efisiensi Kaustisasi Dalam *White Liquor* Pada Proses Kaustisasi di PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper" telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Seminar Hasil Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 April 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 22 Mei 2025

Pembimbing:

1. **Dr. Addy Rachmat, M. Si**

NIP.197409282000121001

Penguji:

1. **Dr. Desnelli, M. Si**

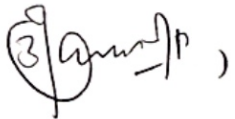
NIP.196912251997022001

2. **Dr. Eliza, M. Si**

NIP.196407291991022001

()

()

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA




Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia




Prof. Dr. Muharni, M. Si

NIP.196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Dimas Pahlevi
Nim : 08031182126002
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 22 Mei 2025



Penulis,

Dimas Pahlevi

NIM. 08031182126002

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah

Ini :

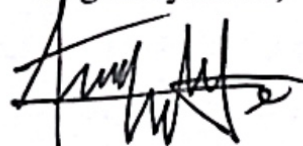
Nama Mahasiswa : Dimas Pahlevi
NIM : 08031182126002
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif" (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah yang berjudul "Penentuan Alkali Aktif, Sulfiditas, dan Efisiensi Kaustisasi dalam *White Liquor* pada Proses Kaustisasi di PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper". Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 22 Mei 2025

Yang menyatakan,



Dimas Pahlevi

NIM. 08031182126002

HALAMAN PERSEMBAHAN

(Qs. Al-Baqarah : 286)

”Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya”.

(Celine, 2024)

”Walaupun terlahir bukan dari kedua orang tua yang mempunyai gelar sarjana, tapi alhamdulillah saya bisa menjadi sarjana”.

(Boy Chandra)

”Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarakan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang bisa kau ceriakan”.

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Allah SWT.
2. Bapak Rudian Sabili dan Ibu Layla Bayoe Koesoema Sari selaku kedua orang tua tersayang, abang-adik tercinta (Fitra Dicky Prabowo A. Md. T dan Dafandra Fairuz Sabili) yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan doa kepada penulis.
3. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa dan semangat.
4. Dosen pembimbing akademik dan pembimbing skripsiku, Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si.
5. Sahabat dan teman-teman seperjuangan serta Almamaterku yang selalu aku banggakan, Universitas Sriwijaya.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur selalu terucap atas rahmat dan berkat karunia Allah SWT yang maha kuasa dan maha pengasih serta maha penyayang sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Penentuan Alkali Aktif, Sulfiditas, dan Efisiensi Kaustisasi dalam *White Liquor* pada Proses Kaustisasi di PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data, pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun, dengan kesabaran, keikhlasan dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa penuh tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari beberapa pihak, baik material maupun moril, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pembimbing yaitu **Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si**, yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Kupersembahkan skripsi ini dengan segenap cinta dan rasa syukur yang tak terucap kepada Bapakku tercinta, Rudian Sabili, dan Ibuku terkasih, Layla Bayoe Koesoema Sari-dua sosok yang menjadi nafas dalam setiap langkahku, dan doa dalam setiap denyut nadiku. Bapak, langit yang menaungiku dengan keteguhan, tempat segala resah kutitipkan tanpa pernah engkau tunjukkan letihmu. Ibu, seperti embun pagi yang meneduhkan, yang dalam diamnya tersimpan jutaan kasih, lelah, dan cinta yang tak pernah berkurang walau seujung benang. Dalam setiap huruf yang kutulis dan setiap bab yang kuselesaikan, ada tetesan peluh, air mata, dan pengorbanan kalian yang tak ternilai. Jika hidup ini adalah sebuah perjalanan, maka kalianlah kompas dan pelitaku. Semoga setiap pencapaian kecil ini mampu menjadi setitik balas dari lautan kasih yang telah kalian curahkan selama ini. Terima kasih telah mencintai dan menyayangiku tanpa syarat, sejak sebelum aku mengenal dunia. Panjang umur bapak dan ibu, temani aku

selalu. Tanpa restu dan doa dari kalian, pencapaian ini tidak mungkin bisa terwujud karena kalian adalah sumber kekuatan dan inspirasi yang tak tergantikan. Skripsi ini merupakan bukti dari penghormatan, apresiasi, cinta, perjuangan, pengorbanan dan rasa syukur penulis kepada kalian berdua.

2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Skripsiku, yang selalu memberikan bimbingan, dukungan, materi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
5. Seluruh Dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan banyak ilmu, mendidik serta membimbing dalam dunia perkuliahan.
6. Kak Iin dan Mbak Novi selaku Admin Jurusan Kimia yang selalu sedia membantu selama masa perkuliahan hingga lulus.
7. Bapak Komaruddin, selaku pembimbing magang di PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper, terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan, arahan, serta kesempatan yang telah Bapak berikan selama masa magang. Terima kasih juga telah mengizinkan saya untuk melaksanakan penelitian di bagian *Recausticizing and Lime Kiln Section* di PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
8. Kak Azizil Tasya dan kak Dinda Milenia selaku staff *Recovery, Recausticizing & Lime Kiln, and Power Department* (RPD) Unit *Recovery Boiler*, terima kasih atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam proses pengambilan dan perolehan data penelitian.
9. Bapak Tri, Bapak Marcus, Bapak Rizky, dan Bapak Sulaeman selaku *Staff Marketing & Quality Assurance Department*, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam proses analisis data yang digunakan dalam penulisan skripsi ini.

10. Seluruh jajaran Manajemen PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper, terima kasih atas kesempatan yang telah diberikan kepada penulis untuk dapat melaksanakan kegiatan penelitian di PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper.
11. Abang dan adikku tersayang, abang Dicky dan adik Andra. Terima kasih sudah menjadi motivasi penulis untuk selalu bertahan dan mengusahakan yang terbaik. Terima kasih atas candaan sederhana yang bisa menghapus lelah, dan untuk kehadiran kalian yang selalu terasa menenangkan. Sehat-sehat selalu ya, abang dan adikku tersayang, semoga kita semua bisa terus saling menguatkan dan membanggakan satu sama lain.
12. Kepada Gilang Ramadhan, sahabat cowok terbaikku di kampus, terima kasih besti sudah menjadi bagian dari perjalanan kuliahku dari awal sampai selesai. Terima kasih juga sudah bersedia jadi tempat cerita, temen maen, tempat keluh kesah, dan tempat kirim stiker random. Semoga semua impian dan targetmu, terutama untuk lulus dan mendapatkan gelar, bisa tercapai dengan lancar. Sukses selalu untuk ke depannya gilang, jangan lupa harus selalu rajin share video lucu dan stiker ya hehehe.
13. Kepada Aghni Hafizah Manuri, sahabat cewek terbaikku di kampus, terima kasih sudah jadi sobat ambis dari awal kuliah sampe sekarang hahaha. Terima kasih juga sudah bersedia jadi tempat cerita, keluh kesah, dan bercanda. Udah berapa kali berantem karna masalah kecil tapi akhirnya tetap temenan lagi karna masih saling membutuhkan hahaha, kayaknya emang gabisa kalau gak temenan, sampe jadwal sidang pun sama di hari yang sama. Sukses selalu untuk ke depannya gghni, jangan songong juga aghni!!!
14. Nursal (Cahaya) terima kasih banyak atas bantuannya selama ini mulai dari magang dan penelitian di PT TEL sampe selesai. Terimakasih karena udah mau direpotin terus. Terima kasih atas komuknya yang selalu bisa untuk dijadikan stiker. Jangan slip terus. Sukses untuk kedepannya.
15. Teman seperjuangan penelitian di TELOLET (Nur, Niko, Aan, Nazar, Vira), terima kasih untuk semua support dan bantuan kalian. Panjang umur ya kalian.

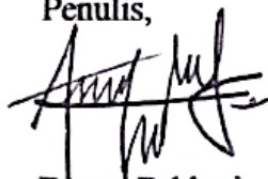
16. Kepada sobat kambek egen (agnezzz, nur, gilang) terima kasih sudah menjadi partner main yang mengasyikan. Nanti kalo udah sama-sama sukses jangan lupa ya kambek sekali lagi yah gengs.
17. Adel, Utik, Mira, Oktaji, Depiriana, Depijul, Rahel, Sarah. Terima kasih untuk semuanya guys. Sehat-sehat kalian ya.
18. Dani, Tama, Ajik, Rian. Terima kasih banyak guys atas bantuannya selama ini. Terima kasih karna udah dibolehin untuk nginep di kosan kalian selama beberapa waktu kalo lagi ada banyak praktikum. Terima kasih atas kenangan buat laprak di waktu subuh hahaha. Semangat mengejar gelar yang diimpikan guys.
19. Kepada teman-teman sepermainanku di masa itu (Ken, Juan, Reba, Rangga, Kak Tama, Awan, Kak Reki, Kak adan, dan Mas odi). Terima kasih karna pernah menjadi bagian dari hari-hari penuh cerita, yang main ke pim, ke picon, ke ki, dan tempat lainnya. Terima kasih karna sudah menjadi bagian dari perjalanan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Walaupun sekarang kita jarang ketemu, tapi aku percaya ucapan selamat, doa dan dukungan kalian tetap ada untukku. Sukses buat kalian kedepannya, semoga hal baik selalu menyertai kalian. Sehat-sehat ya guys.
20. Adik-adik asuhku termasyaallah (Deska, Chantika, dan Marga), terima kasih sudah selalu kebersamaai penulis di setiap langkah, momen dan pencapaian. Terima kasih sudah menambah warna masa perkuliahan penulis. Semangat terus untuk kedepannya, sehat dan lancar-lancar semuanya sampai akhir. Mohon maaf jika penulis masih memiliki banyak kekurangan sebagai kakak asuh kalian.
21. Teman-teman seperjuangan Kimia 2021 (Lawrensium), terima kasih untuk kebersamaan di perkuliahan ini.
22. Untuk diriku sendiri, terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih atas keberanian untuk terus melangkah meski jalan terasa sunyi dan penuh keraguan. Untuk semua malam panjang yang dilalui dengan tangis diam-diam, untuk hari-hari penuh rasa lelah namun tetap memilih bangkit, dan untuk tidak menyerah, aku bangga. Skripsi ini bukan sekadar hasil akademik, tapi bukti bahwa aku mampu berdiri saat hati rapuh, mampu

melangkah saat dunia terasa berat, dan tetap percaya bahwa segala perjuangan akan menemukan jalannya. Semoga ini menjadi titik awal dari langkah-langkah besar berikutnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun kedepannya.

Indralaya, 22 Mei 2025

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dimas Pahlevi', with a stylized flourish at the end.

Dimas Pahlevi

NIM. 08031182126002

SUMMARY
DETERMINATION OF ACTIVE ALKALI, SULFIDITY, AND
CAUSTICIZING EFFICIENCY IN WHITE LIQUOR IN THE
CAUSTICIZING PROCESS AT PT TANJUNGENIM LESTARI PULP AND
PAPER

Dimas Pahlevi : Supervised by Dr. Addy Rachmat, M. Si

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xviii + 53 pages, 7 pictures, 8 tables, 3 attachments

The pulp and paper industry is an industry that processes raw materials such as wood or other plants into pulp, which is then used to produce paper and other paper-based products. The production process commonly uses the kraft method, in which wood is cooked with a chemical solution containing sodium hydroxide and sodium sulfide. After the cooking process, black liquor is produced as a by-product, which is then burned in a recovery boiler to generate energy and smelt. The smelt is dissolved into green liquor, which is further processed in the recausticizing stage to produce white liquor, the main component used in wood cooking. The recausticizing process aims to convert sodium carbonate into sodium hydroxide using a causticizer unit that operates at a temperature of 100–104°C. However, in actual field conditions, temperature fluctuations in the causticizer often occur, which can hinder the conversion of sodium carbonate to sodium hydroxide and affect the quality of the resulting white liquor. This research was conducted to determine the values of active alkali, sulfidity, and causticizing efficiency in white liquor under varying temperature conditions in the causticizer unit during the causticizing process. White liquor samples were taken from the recausticizing unit at PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper from October 8 to 11, 2024. The analysis was carried out using an acid-base titration method to determine the concentrations of NaOH, Na₂S, and Na₂CO₃, which are the main components of white liquor. The results showed that temperatures below 100°C, produce active alkali value was less than 96 g/L, sulfidity was below 27%, and causticizing efficiency was under 75%, all of which did not meet the standard. In contrast, at temperatures between 100–104°C, the active alkali ranged from 96–115 g/L, sulfidity from 27–28%, and causticizing efficiency from 75–83%, indicating that the causticizing process was optimal and produced white liquor that met the required standards. Based on these results, it can be concluded that maintaining temperature stability in the causticizer unit is a critical factor in preserving white liquor quality, which directly impacts the efficiency and overall performance of the paper production process.

Keywords : White Liquor, Causticizing, Active Alkali, Sulfidity, Causticizing Efficiency

Citations : 52 (1991-2024)

RINGKASAN
PENENTUAN ALKALI AKTIF, SULFIDITAS, DAN EFISIENSI
KAUSTISASI DALAM *WHITE LIQUOR* PADA PROSES KAUSTISASI DI PT
TANJUNGENIM LESTARI PULP AND PAPER

Dimas Pahlevi : Dibimbing oleh Dr. Addy Rachmat, M. Si

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xviii + 53 halaman, 7 gambar, 8 tabel, 3 lampiran

Industri *pulp and paper* adalah industri yang mengolah bahan baku seperti kayu atau tanaman lain menjadi bubur kertas yang kemudian digunakan untuk membuat kertas dan produk kertas lainnya. Proses produksinya umumnya menggunakan metode *kraft*, dimana kayu dimasak dengan larutan kimia yang mengandung natrium hidroksida dan natrium sulfida. Setelah proses pemasakan, dihasilkan *black liquor* sebagai hasil samping yang kemudian dibakar dalam *recovery boiler* untuk menghasilkan energi dan *smelt*. *Smelt* ini dilarutkan menjadi *green liquor*, yang kemudian diproses pada tahap *recausticizing* untuk menghasilkan *white liquor*, yang merupakan komponen utama dalam pemasakan kayu. Proses *recausticizing* bertujuan untuk mengubah natrium karbonat menjadi natrium hidroksida menggunakan alat *causticizer* yang beroperasi pada temperatur 100-104°C. Namun, dalam kondisi aktual di lapangan, fluktuasi temperatur pada alat *causticizer* sering terjadi, yang dapat mengganggu proses konversi natrium karbonat menjadi natrium hidroksida dan mempengaruhi kualitas *white liquor* yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai alkali aktif, sulfiditas, dan efisiensi kaustisasi dalam *white liquor* dengan melihat kondisi temperatur yang berbeda pada alat *causticizer* dalam proses kaustisasi. Sampel *white liquor* dari unit *recausticizing* PT Tanjungenim Lestari Pulp and Paper dari tanggal 8 hingga 11 Oktober 2024. Analisis dilakukan dengan metode titrasi asam basa untuk menentukan konsentrasi NaOH, Na₂S, dan Na₂CO₃ yang merupakan komponen *white liquor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur di bawah 100°C, menghasilkan nilai alkali aktif <96 g/L, sulfiditas <27%, dan efisiensi kaustisasi <75%, yang tidak memenuhi standar. Sebaliknya, pada temperatur 100–104°C, diperoleh nilai alkali aktif sebesar 96–115 g/L, sulfiditas 27–28%, dan efisiensi kaustisasi 75–83%, yang menunjukkan proses kaustisasi berlangsung optimal dan menghasilkan *white liquor* sesuai standar. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa menjaga kestabilan temperatur pada alat *causticizer* merupakan faktor penting dalam mempertahankan kualitas *white liquor*, yang secara langsung berdampak pada efisiensi dan keseluruhan proses produksi kertas.

Kata Kunci : *White Liquor*, Kaustisasi, Alkali Aktif, Sulfiditas, Efisiensi Kaustisasi
Sitasi : 52 (1991-2024)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY.....	xii
RINGKASAN.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Recausticizing</i>	5
2.2 <i>White Liquor</i>	6
2.3 Natrium Hidroksida.....	8
2.4 Natrium Sulfida	9
2.5 Natrium Karbonat.....	10
2.6 Titrasi Asam Basa.....	11
2.7 Alkali Aktif.....	13
2.8 Sulfiditas.....	13
2.9 Efisiensi Kaustisasi.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan	16

3.2.1	Alat.....	16
3.2.2	Bahan	16
3.3	Prosedur Penelitian.....	16
3.3.1	Pencatatan Data Temperatur pada Alat <i>Causticizer</i>	16
3.3.2	Preparasi Sampel.....	17
3.3.3	Penentuan kandungan NaOH, Na ₂ S, dan Na ₂ CO ₃ dalam <i>White Liquor</i> dengan Titrasi Asam Basa (TAPPI T624).....	17
3.3.4	Perhitungan Kandungan NaOH, Na ₂ S, dan Na ₂ CO ₃ dalam <i>White Liquor</i>	18
3.3.5	Perhitungan Nilai Alkali Aktif.....	18
3.3.6	Perhitungan Nilai Sulfiditas.....	18
3.3.7	Perhitungan Nilai Efisiensi Kaustisasi.....	19
3.3.8	Perhitungan Nilai Standar Deviasi.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		20
4.1	Pengaruh Temperatur pada Alat <i>Causticizer</i> Terhadap Kandungan NaOH, Na ₂ S, dan Na ₂ CO ₃ dalam <i>White Liquor</i>	20
4.2	Pengaruh Temperatur pada Alat <i>Causticizer</i> Terhadap Nilai Alkali Aktif dan Sulfiditas.....	24
4.3	Pengaruh Temperatur pada Alat <i>Causticizer</i> Terhadap Nilai Efisiensi Kaustisasi.....	28
BAB V PENUTUP		30
5.1	Kesimpulan.....	30
5.2	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....		31
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Proses Reausticizing	6
Gambar 2. Hasil Kandungan NaOH dalam <i>White Liquor</i> pada Kondisi Temperatur yang Berbeda di Alat <i>Causticizer</i>	21
Gambar 3. Hasil Kandungan Na ₂ S dalam <i>White Liquor</i> pada Kondisi Temperatur yang Berbeda di Alat <i>Causticizer</i>	23
Gambar 4. Hasil Kandungan Na ₂ CO ₃ dalam <i>White Liquor</i> pada Kondisi Temperatur yang Berbeda di Alat <i>Causticizer</i>	24
Gambar 5. Hasil Nilai Alkali Aktif dalam <i>White Liquor</i> pada Kondisi Temperatur yang Berbeda di Alat <i>Causticizer</i>	25
Gambar 6. Hasil Nilai Sulfiditas dalam <i>White Liquor</i> pada Kondisi Temperatur yang Berbeda di Alat <i>Causticizer</i>	26
Gambar 7. Hasil Nilai Efisiensi Kaustisasi dalam <i>White Liquor</i> pada Kondisi Temperatur yang Berbeda di Alat <i>Causticizer</i>	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Temperatur pada Alat <i>Causticizer</i>	20
Tabel 2. Hasil Volume Titrasi	39
Tabel 3. Volume Rata-rata Titrasi <i>White Liquor</i> dan Nilai Standar Deviasi.....	40
Tabel 4. Data Keseluruhan Kandungan NaOH, Na ₂ S, dan Na ₂ CO ₃	45
Tabel 5. Data Nilai Alkali Aktif Tanggal 8 Oktober 2024 – 11 Oktober 2024	46
Tabel 6. Data Nilai Sulfiditas Tanggal 8 Oktober 2024 - 11 Oktober 2024	47
Tabel 7. Data Nilai Efisiensi Kaustisasi Tanggal 8 Oktober 2024–11 Oktober 2024.....	48
Tabel 8. Data Keseluruhan nilai alkali aktif, sulfiditas, dan efisiensi kaustisasi ..	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Penelitian	37
Lampiran 2. Perhitungan	39
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri *pulp and paper* dikenal sebagai salah satu industri berskala besar dengan penggunaan bahan kimia berkonsentrasi tinggi untuk mengolah batang kayu menjadi *pulp* atau bubur kertas. Industri ini memiliki peranan penting dalam perekonomian global karena menghasilkan berbagai produk esensial dalam kehidupan sehari-hari seperti kertas, tisu, kemasan makanan, dan buku. Selain itu, *pulp* yang dihasilkan dari proses pengolahan kayu juga dapat dimanfaatkan dalam industri tekstil, bahan bangunan, dan produk kimia (Rullifank *et al.*, 2020). Ekspor produk *pulp and paper* menjadi sumber devisa negara dari sektor non migas yang memberikan kontribusi positif dengan menyediakan lapangan pekerjaan dan juga mendorong pertumbuhan ekonomi nasional. Indonesia berhasil menempati peringkat ke-10 sebagai produsen *pulp and paper* terbesar di dunia pada tahun 2019. Hal ini didukung oleh luasnya hutan tanaman industri (HTI) sebagai sumber bahan baku utama serta sektor manufaktur yang terus berkembang. Dengan kapasitas produksi yang tinggi dan penerapan teknologi yang canggih, Indonesia mampu bersaing di pasar global untuk mengeksport produk *pulp and paper* ke berbagai negara (Meilinda *et al.*, 2023).

Dalam industri *pulp and paper*, produksi *pulp* umumnya menggunakan metode *kraft*, yaitu metode pemasakan yang memanfaatkan larutan kimia, yang mengandung natrium hidroksida (NaOH) dan natrium sulfida (Na_2S), untuk melarutkan lignin sehingga serat selulosa dapat terpisah dengan efisien (Kathomdani dan Sugesty, 2018). Proses ini menghasilkan *pulp* dan residu cair berupa *black liquor*, yang mengandung senyawa organik dan anorganik, seperti natrium karbonat (Na_2CO_3), natrium hidroksida, natrium sulfida, serta lignin terlarut. *Black liquor* kemudian dikirim ke *recovery boiler* untuk dibakar, menghasilkan energi dan *smelt*, yaitu cairan hasil pembakaran yang mengandung natrium karbonat dan natrium sulfida. *Smelt* kemudian dilarutkan dengan *weak white liquor*, yaitu larutan sisa dari proses *recausticizing* yang masih mengandung zat kimia dalam kadar yang rendah. Proses pelarutan ini menghasilkan *green*

liquor yang mengandung natrium karbonat dan natrium sulfida, yang selanjutnya akan diproses dalam proses *recausticizing* (Hidayat dan Syahtaria, 2023).

Recausticizing merupakan proses pada industri *pulp* yang bertujuan untuk meregenerasi penggunaan kalsium oksida (CaO) dan menghasilkan cairan pemasak kayu berupa *white liquor* (Anwar dan Apriani, 2022). Proses *recausticizing* terbagi menjadi dua tahap, yaitu *slaking* dan kaustisasi. Proses *recausticizing* dimulai dengan kalsium oksida yang bereaksi dengan air menghasilkan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), proses ini disebut *slaking*. Selanjutnya, kalsium hidroksida bereaksi dengan natrium karbonat yang terdapat dalam *green liquor* menghasilkan natrium hidroksida dan kalsium karbonat (CaCO_3), proses ini disebut kaustisasi. Setelah proses kaustisasi, campuran tersebut akan terpisah menjadi dua fasa, dimana fasa padatan berupa kalsium karbonat akan dicuci untuk menghilangkan sisa bahan kimia sebelum dipanaskan dalam tungku pemanas pada temperatur di atas 825°C . Proses pemanasan ini akan menguraikan kalsium karbonat menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida. Kalsium oksida yang dihasilkan akan digunakan kembali dalam proses *slaking*. Fasa cair yang dihasilkan berupa *white liquor*, yang lebih banyak mengandung natrium hidroksida, dan akan digunakan untuk proses pemasakan *pulp* dalam alat pemasak kayu berupa *digester* (Menon, 2005).

White Liquor adalah cairan pemasak yang mengandung natrium hidroksida dan natrium sulfida, yang digunakan sebagai sumber bahan kimia untuk proses pemasakan serpihan kayu dalam *digester* (Mullen, 2016). Natrium hidroksida dalam proses pemasakan *pulp* berfungsi sebagai agen utama yang melarutkan lignin, sehingga serat-serat kayu dapat terpisah dan membentuk *pulp*. Sementara itu, natrium sulfida berperan dalam mempercepat pelarutan lignin serta membantu melindungi selulosa agar tidak ikut terdegradasi selama proses pemasakan. *White liquor* yang dihasilkan sangat menentukan keberhasilan proses pemasakan *pulp*. Hal ini karena komposisi dan keseimbangan kimianya menentukan efektivitas pemisahan lignin dan kestabilan serat selulosa (Muhammad dan Apriani, 2016).

Kualitas *white liquor* yang digunakan pada proses pemasakan *pulp* harus dikendalikan dengan baik, dengan memperhatikan beberapa parameter antara lain alkali aktif, sulfiditas, dan efisiensi kaustisasi (Tamara and Susantini, 2022).

Jumlah penggunaan kandungan natrium hidroksida dan natrium sulfida yang terdapat dalam larutan bahan kimia pemasak dikenal sebagai alkali aktif. Sulfiditas adalah perbandingan jumlah natrium sulfida terhadap jumlah alkali aktif dalam *white liquor* (Supraptiah dkk, 2014). Menurut (Conner, 2024), efisiensi kaustisasi merupakan ukuran konversi natrium karbonat menjadi natrium hidroksida dalam proses kaustisasi di pabrik *pulp*. Efisiensi kaustisasi yang optimal sangat penting untuk memastikan kualitas *white liquor* yang stabil, sehingga proses pemasakan *pulp* dapat berlangsung secara efisien dan menghasilkan *pulp* yang berkualitas tinggi.

White liquor sangat berperan penting dalam proses pemasakan karena berfungsi sebagai cairan kimia utama yang membantu menguraikan lignin dari struktur kayu tanpa merusak selulosa, sehingga menghasilkan *pulp* yang berkualitas. Menurut (Muhammad & Apriani, 2016), kualitas *white liquor* yang dihasilkan pada proses kaustisasi dipengaruhi oleh kondisi operasional pabrik, salah satunya adalah temperatur. Dalam proses kaustisasi, umumnya menggunakan alat berupa *causticizer* yang dirancang untuk beroperasi pada rentang temperatur 100-104°C agar reaksi antara natrium karbonat dan kalsium hidroksida dalam menghasilkan natrium hidroksida berlangsung secara optimal. Namun, dalam kondisi aktual di lapangan, temperatur pada alat *causticizer* sering mengalami fluktuasi, baik melebihi maupun berada di bawah rentang yang seharusnya. Ketidakstabilan temperatur pada alat *causticizer* ini dapat menyebabkan proses konversi natrium karbonat menjadi natrium hidroksida terganggu, yang pada akhirnya akan mempengaruhi terhadap kualitas *white liquor* yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai alkali aktif, sulfiditas, dan efisiensi kaustisasi sebagai parameter kualitas *white liquor* dengan melihat kondisi temperatur yang berbeda pada alat *causticizer* dalam proses kaustisasi, yang dilakukan dengan cara mengukur langsung kualitas *white liquor* menggunakan metode titrasi asam-basa untuk menghitung konsentrasi masing-masing senyawa, seperti NaOH, Na₂S, dan Na₂CO₃.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kandungan NaOH, Na₂S, dan Na₂CO₃ dalam *white liquor* pada kondisi temperatur yang berbeda di alat *causticizer*?
2. Bagaimana nilai alkali aktif dan sulfiditas dalam *white liquor* pada kondisi temperatur yang berbeda di alat *causticizer*?
3. Bagaimana nilai efisiensi kaustisasi dalam *white liquor* pada kondisi temperatur yang berbeda di alat *causticizer*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kandungan NaOH, Na₂S, dan Na₂CO₃ dalam *white liquor* pada kondisi temperatur yang berbeda di alat *causticizer*.
2. Mengetahui nilai alkali aktif dan sulfiditas dalam *white liquor* pada kondisi temperatur yang berbeda di alat *causticizer*.
3. Mengetahui nilai efisiensi kaustisasi dalam *white liquor* pada kondisi temperatur yang berbeda di alat *causticizer*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi informasi mengenai kondisi temperatur yang berbeda pada alat *causticizer* terhadap kualitas *white liquor* yang dihasilkan dalam proses *recausticizing*. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam industri *pulp and paper*, khususnya dalam optimalisasi temperatur pada alat *causticizer* selama proses *kaustisasi* untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyan, S., Jufrizel, J., Ulah, A., & Faizal, A. (2024). Analisa Keandalan Instrumentasi Pada Lime Kiln Unit Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 9(2), 205. <https://doi.org/10.36722/sst.v9i2.2785>.
- Ahmadi, M., & Seyedin, S. H. (2019). Investigation of NaOH Properties, Production and Sale Mark in the world. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 6(November), 2458–9403.
- Anwar, F., & Apriani, R. (2022). Pengaruh Waktu Kaustisasi dan Pencucian Lime Mud pada Proses Reausticizing Terhadap Kualitas White Liquor dan Lime Mud. *Jurnal Pulp and Paper Institut Teknologi Sains Bandung*, 1(1), 1-7.
- Bajpai, P. (2018). *Biermann's Handbook of Pulp and Paper*. Mumbai : Consultant Pulp, India.
- Bassa, A. G. M. C., Sanches Duarte, F. A., Da Silva, F. G., & Sacon, V. M. (2006). The effect of alkali charge on Eucalyptus spp. kraft pulping. *2006 TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference Proceedings*, 2006(November 2006).
- Biermann, C.J. (1996). *Handbook of Pulping and Papermaking: 2nd Edition*, Academic Press Limited, London.
- Crysta, A., & Susantini, N. N. M. (2022). Pengaruh Kenaikan Temperatur Heating Calcining Terhadap Kualitas Kapur. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, 2(3), 4-12.
- Conner, T. (2024). Effects of varying total titratable alkali and causticizing efficiency targets on kraft pulp mill productivity. *Tappi Journal*, 23(3), 154–160. <https://doi.org/10.32964/TJ23.3.154>.
- Costa, D. S., Pimenta, E. M., & Figueiredo, L. S. (2010). *Optimization of Reausticizing plants in a Brazilian Pulp Mill. International Chemical Recovery Conference*, 2(November), 84–93.
- Donda., Paranita, D., & Simatupang, D. F. (2023). Determination of Sodium Sulfate Requirement for Obtaining Sodium Sulfide Content in Green Liquor at the Recovery Boiler Unit in PT XYZ North Sumatra. *International Journal of Applied Research and Sustainable Sciences*, 1(4), 259–268. <https://doi.org/10.59890/ijarss.v1i4.937>.
- Edar, A. N., & Wahyuni, A. (2021). Pengaruh Suhu dan kelembaban terhadap Rasio Kelembaban dan Entalpi. *Jurnal Arsitektur Kota dan Pemukiman*, 6(2), 102-114. <https://doi.org/10.33096/losari.v6i2.311>.

- Emen, F. M. (2023). *Multifaceted Academic Perspective : Agriculture, Forestry and Engineering Sciences Research*. Lithuania : SRA Academic Publishing.
- Figueiredo, L. S., Costa, A. O. S., & Junior, E. F. C. (2012). Semi Empirical Modeling of the Stationary State of a Real Causticizing System in a Pulp Mill. *Latin America Applied Research Journal*, 42(7), 320-321.
- Gomes, R. M., & Júnior, F. G. D. S. (2020). Impact of sulfidity on the kraft pulping of Eucalyptus. *BioResources*, 15(2), 3945–3961. <https://doi.org/10.15376/biores.15.2.3945-3961>.
- Hidayat, R., & Syahtaria, M. I. (2023). Black Liquor sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan dari Industri Pulp dan Kertas. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(1), 342-351.
- Hipi, D., Daud, E. P., & Soga, G. D. (2021). Identification of Alkalimetric Levels Using Acid Base Reaction Principles. *Journal of Health, Technology and Science*, 2(4), 11-20. <https://doi.org/10.47918/jhts.v2i4.247>.
- Irawan, B., Bayhaqi, I., & Prajitno, D. H. (2022). Pengaruh Aktif Alkali Charge Terhadap Pola Korelasi Derajat Delignifikasi dan Polimerisasi Pada Proses Pulping. *Jurnal Teknik Mesin Dan Industri (JuTMI)*, 1(1), 19–24. <https://doi.org/10.55331/jutmi.v1i1.7>.
- Jennings, P. A., & Mullen, C. A. (2010). Titration and pH Measurement. *Journal of Life Sciences*, 1(2), 3. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0002700.pub2>
- Kardiansyah, T., & Sugesty, S. (2020). Pengaruh Alkali Aktif terhadap Karakteristik Pulp Kraft Putih Acacia mangium dan Eucalyptus pellita. *Jurnal Selulosa*, 10(01), 9. <https://doi.org/10.25269/jsel.v10i01.291>.
- Kathomdani, P. D. S., dan Sugesty, S. (2018). Pembuatan Pulp Kraft dari Kapuk dan Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Baku Kertas Khusus. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 29(2), 108-118.
- Lewko, L. A., & Blackwell, B.. (1991). *Recauticizing Lime mud recycling improves the performance of kraft recautsticizing*. October, 123-129.
- Lund, K., Sjöström, K., & Brelid, H. (2012). Alkali extraction of kraft pulp fibers: Influence on fiber and fluff pulp properties. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(2), 30–39. <https://doi.org/10.1177/155892501200700206>.
- Lundqvist, P. (2009). *Mass and energy balances over the lime kiln in a kraft pulp mill Per Lundqvist*. April.
- Mandal, P., Goel, P., Bhuvanesh, E., Shahi, V. K., & Chattopadhyay, S. (2022). Caustic production from industrial green liquor using alkali resistant composite cation exchange membrane. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(1), 107016. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.107016>.

- Meilinda, R., Ningsih, A., Anggraini, D., Pardi, H., Raja, M., Haji, A., Dompok, J. R., & Bestari, K. B. (2023). Chemical Kinetics Pulp Production in the paper Industry: A Review Kinetika Kimia Dalam Produksi Pulp Pada Industri Kertas: Tinjauan. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 8(1), 67–71.
- Menon, G. K. K. (2005). Developments in Reausticizing Plant. *IPPTA Journal*, 14(4), 53-59.
- Mohamad, N. A. N., & Jai, J. (2022). Response Surface Methodology for Optimization of Cellulose Extraction from Banana Stem Using NaOH-EDTA for Pulp and Papermaking. *Heliyon*, 2(4), 2. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09114>.
- Muhammad, R. F., & Apriani, R. (2016). Pengaruh Total Titratable Alkali Green Liquor Terhadap Efisiensi Kaustisasi Pada Proses Reausticizing. *Jurnal Vokasi Teknik Industri*, 1(2), 3-5.
- Mullen, T. (2016). Using white liquor as the alkali source in oxygen delignification. *Tappi Journal*, 15(9), 609–618. <https://doi.org/10.32964/tj15.9.609>.
- Nyamiati, R. D., Ramadhani, A., Nurkhamidah, S., & Rahmawati, Y. (2019). Pra-Desain Pabrik Pembuatan Natrium Karbonat (Soda Abu) dengan Menggunakan Proses Solvay. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1), 41. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.39038>.
- Perez, A. D., Roy, Y., Rip, C., kersten, S. R. A., & Schuur, B. (2023). Influence of Pulping Conditions on the Pulp Yield and Fiber Properties for Pulping of spruce Chips by Deep Eutectic Solvent. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12(4), 1377-1391. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-05156-y>.
- Pierre, D. (2019). Acid Base Titration. *Journal of Mathematical Modeling : One + Two*, 1(8), 2-3.
- Puspita, C., Bahri, S., Zulnazri., Ginting, Z., Dewi, R., & Yani, F. T. (2023). Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Pemasakan pada Proses Pembuatan Pulp dari Limbah Bonggol Jagung Manis (Zea Mays Saccharata Sturt). *Chemical Engineering Journal Storage*, 3(6), 810.
- Rahmati, H., Navaee-Ardeh, S., & Aminian, H. (2007). Influence of sulfidity and active alkali charge on the properties of pulp produced from Eucalyptus camaldulensis. In *Journal of Plant Sciences* (Vol. 2, Issue 6, pp. 600–606). <https://doi.org/10.3923/jps.2007.600.606>.
- Rajnish, T., & Kulkarni, A. G. (1997). Optimization of Causticization Operation For Improved Lime Sludge Dryness. *IPPTA*, 9(3), 107-112.
- Meilinda, R., Ningsih, A., Anggraini, D., Pardi, H., Raja, M., Haji, A., Dompok, J. R., & Bestari, K. B. (2023). Chemical Kinetics Pulp Production in the paper Industry: A Review Kinetika Kimia Dalam Produksi Pulp Pada Industri

- Kertas: Tinjauan. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 8(1), 67–71.
- Rullifank, K. F., Roefinal, M. E., Kostanti, M., Sartika, L., & Evelyn. (2020). Pulp and paper industry: An overview on pulping technologies, factors, and challenges. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 845(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/845/1/012005>.
- Salame, I. I., Montero, A., & Eschweiler, D. (2022). Examining some of the Students' Challenges and Alternative Conceptions in Learning about Acid base Titrations. *IJCER (International Journal of Chemistry Education Research)*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol6.iss1.art1>
- Sanchez, D. R. (2007). Recausticizing - Principles and practice. *TAPPI Kraft Recovery Course 2007*, 1, 21–82.
- Sanchez, D. R. (2007). Recausticizing - Principles and practice. *TAPPI Kraft Recovery Course 2007*, 1, 21–82.
- Sethuraman, J., Krishnagopalan, J., & krishnagopalan, G. (2005). Kinetic Model for the Causticizing Reaction. *Technical Association of the Pulp and Paper Industry Journal*, 78(1), 115-120.
- Steffen, F., Kordsachia, T., Heizmann, T., Eckardt, M. P., Chen, Y., & Saake, B. (2024). Sodium Carbonate Pulping of Wheat Straw-An Alternative Fiber Source for Various Paper Applications. *Agronomy*, 14(16), 2-3. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010162>.
- Sucipto, L., Rustyawan, W., Jumaeri., Alighiri, D., & Wahyuni, S. (2019). Pengaruh Temperatur dan Rasio H₂/Hidrokarbon Menggunakan Katalis CoMo/y-Al₂O₃ pada Hydrotreating Combined Gas Oil. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(3), 186-190.
- Supraptiah, E., Ningsih, A. S., Sofiah, & Apriandini, R. (2014). Pengaruh Rasio Cairan Peasak (AA Charge) Pada Proses Pembuatan Pulp Dari Kayu Sengon (*Albizia Falcataria*) Terhadap Kualitas Pulp. *Kinetika*, 5, 14–21.
- Swanda, A. P., Seborg, D. E., Holman, K. L., & Sweerus, N. (1997). Dynamic models of the causticizing process. *Tappi Journal*, 80(12), 123–134.
- Tamara, Y., and Susantini, N. N. M. (2022). The Effect of Adding Burn Lime and Fresh Lime Variations to The Quality of Lime Mud. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 9(5), 471–478. <https://doi.org/10.32628/ijrst229583>.
- Tayurskii, D., & Mehaute, A. L. (2011). The Concept of Temperature in the Modern Physics. Russia : Intech. <https://doi.org/10.5772/22082>.
- Thring, R. W., Uloth, V. C., Dorris, G. M., Galvin. T. S., Hornsey, D., & Ayton, J. R. (2006). White Liquor Oxidation in a Pilot Plant pipeline Reactor. *Technical Association of the Pulp and Paper Industry Journal*, 78(1), 107-108.

- Tran, H. (2013). Lime Kiln Chemistry and Effects on Kiln Operations. *Journal of Weight Percent*, 2(1), 6-8.
- Wahyudi, R., Apriani, R., Efrizal., & Wachjar, A. (2023). Pengaruh Active Alkali Charge terhadap Kualitas Pulp Cooked dari Kayu Akasia (Acacia Crassiparva). *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, 5(2) , 14-36.
- Wahyuni, S., Hakim, L., & Hasfita, F. (2017). Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman Aluminium sebagai Penghasil Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(2), 32-34. <https://doi.org/10.29103/jtku.v6i2.473>.
- Wang, J., Zhang, D., & Xu, Y. J. (2014). Causticized Calcium Carbonate From Alkali Recovery Process of Non-Wood Pulping Mill as Filler of Paper. *Golden Jubilee*, 26(1), 88.
- Wimby, M., Nordgren, M., Wallmo, H., Humalajoki, A., & Smolander, E. (2017). Control of sulfidity in a modern kraft pulp mill. *PEERS Conference 2017: Maximizing Success Through Innovation, 2017-November*, 554–559.
- Wistara, N. J., Carolina, A., Pulungan, W. S., Emil., N., Lee, S. H., & Kim, N. H. (2015). Effect of Tree Age and Active Alkali on Kraft Pulping of White Jabon. *Journal Korean Wood Science Technology*, 43(5), 567-568. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2015.43.5.566>.