

APLIKASI ENZIM SELULASE SEBAGAI CLEANING AGENT UNTUK PENCUCIAN FELT DI TISSUE MACHINE

Rachmawati Apriani^{1*}, dan Dhito Feryansyah¹

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

ABSTRAK

Seiring berjalannya proses, kemampuan permeabilitas *felt* akan menurun karena deposit berupa *fine* yang terkandung dalam *white water* menumpuk di pori-pori *felt*. Menjaga kebersihan *felt* sangatlah penting karena selain menjaga kualitas kertas tisu, juga menghindari frekuensi penggantian *felt* yang berlebih. Pencucian *felt* dilakukan dengan menggunakan *cleaner agent* berbahan dasar alkali memiliki dampak negatif pada mesin, seperti menimbulkan korosi, dan menghasilkan endapan dari pemakaian alkali tersebut. Selain itu, endapan yang dihasilkan bersifat lengket sehingga sulit dibersihkan. Enzim selulase memiliki reaksi selulolitik untuk mengikat *fine*, sehingga menggantikan peran alkali sebagai *cleaner agent*. Pada penelitian ini, enzim selulase diformulasikan sebagai *cleaner agent* dengan menambahkan *nonylphenol ethoxylate* dan air. Setiap larutan *cleaner agent* memiliki konsentrasi enzim selulase yang berbeda, yaitu 5%, 10%, dan 15%. pH larutan juga divariasikan menjadi 7, 9, dan 13. Tujuannya adalah untuk mengetahui *cleaner agent* dengan konsentrasi enzim dan pH mana yang terbaik dalam menghilangkan deposit. Penelitian dilakukan dengan mengikuti *Patent WO2016/085912 A1*, mengenai prosedur penelitian dan parameter pengujian. Proses pengujian hasil pencucian kain *felt* dilakukan dengan dua metode, yaitu *water absorption test* dan *deposit weight loss test*. Hasil terbaik untuk keseluruhan pengujian adalah pada larutan dengan konsentrasi enzim sebesar 10% pH 9. Pada variasi tersebut, deposit pada kain *felt* sampel berhasil dihilangkan sebesar 4.78%. Sedangkan kemampuan *water absorption* kain *felt* sampel meningkat sebesar 76.50% dibandingkan sebelum proses pencucian.

Kata Kunci : *Felt, cleaner, fines, enzim selulase, deposit loss, water absorption*

ABSTRACT

Felt's permeability will decrease as the process on tissue machine is going, caused by deposit such as fine that contained in white water pile up on felt's pores. Keep the cleanliness of felt is important because beside to keep the quality of tissue product, it can avoid too often the felt's changed. The cleaner agent used to cleaning felt is from alkaline based solution. That cleaning method have bad impact for machine, such as can caused the corrosion, and produce deposit from alkaline used. The deposit is sticky and difficult to clean. The enzyme cellulose have selulotic reaction for binding the fines from felt's pores, so it can replace the alkaline role as a cleaning agent. At this research, enzyme cellulose will be formulated with adding nonylphenol ethoxylates and demin water. The concentration of enzyme cellulose is different for each cleaning agent solution, that is 5%, 10%, and 15%. The pH of solution is varied in 7, 9, and 13. The goal is to know which one the cleaning agent with concentration of enzyme and pH have the best performance to remove the deposit from felt's sample. This research is doing by following the Patent WO 2016/085912 A1, about procedure and test for felt cleaning. Felt's sample will be tested with two test method. The test is water absorption test and deposit weight loss test. The best result from overall test is the solution with 10% concentration of enzyme with pH 9. Deposit is succesfully removed from felt's pores in amount of 4.78%. Water absorption ability of felt's sample is increase in amount of 76.50%

Keywords : *Felt, cleaner, fines, enzyme cellulose, deposit loss, water absorption*

PENDAHULUAN

Proses produksi kertas tisu terdiri dari beberapa tahapan secara berurutan, mulai dari *stock preparation*, *stock approach system*, *forming section*, *size press section*, *drying section*, *reeling*, dan *rewinding*. Mesin pada setiap tahapan proses tersebut perlu dilakukan perawatan secara berkala agar kinerja mesin tetap terjaga dengan baik. Perawatan tersebut meliputi pengecekan komponen mesin, penjagaan kebersihan alat dan mesin, serta perbaikan komponen apabila rusak atau tidak dapat digunakan lagi. Komponen mesin yang biasanya diganti secara berkala contohnya adalah mata pisau *refiner*, *doctor blade* pada *yankee dryer*, dan kain *Felt* pada *size press section*.

Felt merupakan kain yang terpasang pada conveyor yang berada di *press section*. Kain *Felt* berfungsi sebagai tempat untuk membentangkan lembaran tisu yang sudah terbentuk, kemudian dilakukan proses pengurangan kadar air menggunakan bantuan vakum. Air yang keluar dari lembaran tisu disebut dengan *white water* dan selanjutnya akan diolah di *white water system*. *White water* yang jatuh mengandung *fine* atau serat selulosa berukuran sangat halus, yang apabila dibiarkan dalam jumlah yang banyak akan menurunkan daya kerja dari *Felt*. *Fines* yang menumpuk akan menyumbat pori-pori *Felt* dan menurunkan daya kerjanya. Apabila tumpukan *fines* sudah tidak dapat dihilangkan lagi, maka kain *Felt* akan diganti dengan yang baru. *Felt* memiliki peranan dalam pembentukan *properties* kertas tisu. Kondisi *Felt* yang kotor dapat menimbulkan masalah pada lembaran tisu, seperti menimbulkan lubang dan noda, tidak maksimalnya proses pengeringan karena air tidak dilepas secara optimal saat proses *press roll*, serta dapat menyebabkan putus lembaran.

Pemakaian *Felt* lebih lama adalah dengan cara melakukan pembersihan rutin pada kain *Felt*. Pembersihan tersebut dilakukan dengan 2 cara, yaitu

dibersihkan dengan sistem *white water shower* bertekanan tinggi, dan pencucian menggunakan alkali. Jenis alkali yang dapat digunakan untuk melakukan pencucian *Felt* contohnya adalah NaOH dalam skala *mini plant*. Pembersihan dengan metode tersebut dapat memperpanjang usia pakai *Felt*, namun dengan beberapa dampak negatif seperti korosi, karat pada sistem utilitas, dan menghasilkan endapan sludge dari pemakaian alkali (Kosasih, dkk. 2012). Deposit yang ditimbulkan akibat dari penggunaan bahan kimia alkali sebagai *cleaner agent* bersifat lengket dan lebih sulit untuk dibersihkan dari kain *Felt* (Kylik Luke A. *et al.*, 2016)

Substitusi bahan kimia alkali menjadi enzim sebagai bahan dasar pembersih terfokus pada 3 hal, yaitu *runability tissue/paper machine*, *cost production*, dan *enviromental*. Penggunaan enzim sebagai bahan pembersih dinilai mampu meningkatkan usia pakai felt.

Cara kerja enzim selulase sebagai cleaner agent cukup sederhana. Kerja enzim selulase disebut dengan selulolitik, yaitu proses pemecahan selulosa menjadi unit glukosa yang kecil (Aanand *et al.*, 2009). Pada dasarnya, kontaminan yang paling bertanggungjawab saat terjadi penyumbatan pada pori-pori felt adalah fine, atau serat selulosa dengan ukuran yang sangat kecil. Enzim akan memutus ikatan antara fine dengan kain felt. Selanjutnya, serat selulosa yang sudah terputus ikatannya tadi akan dihidrolisis oleh enzim dan terlarut dalam air (Munifah, 2011).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Pendekatan eksperimental digunakan untuk mencari tau hubungan sebab-akibat antara dua faktor yang sedang diteliti. Dalam hal ini, faktor yang sedang dicari hubungan sebab-akibatnya adalah pengaruh konsentrasi enzim dan pH larutan *cleaner agent*

dengan *water absorption* dan *deposit weight loss* dari kain *felt*. Dari penelitian ini, akan diketahui sampel dengan konsentrasi enzim dan pH larutan mana yang mampu menghasilkan nilai *water absorption* dan *deposit weight loss* felt terbaik.

Penelitian “Aplikasi Enzim Selulase Sebagai Cleaning Agent Untuk Pencucian Kain Felt di Tissue Machine” ini dilakukan dengan cara merendam potongan kain felt kedalam larutan pencuci yang terdiri dari enzim selulase, nonylphenol ethoxylates, dan air. Perendaman dilakukan selama dua jam dengan variasi konsentrasi enzim dan pH. Enzim digunakan sebagai pengganti alkali yang biasa digunakan sebagai bahan pencuci kain felt.

Kain felt yang digunakan pada penelitian ini adalah kain felt yang sudah terlepas dari tissue machine. Kain felt diambil dari proses wet end pada TM 12.1 yang *stand by* pada saat akan dilakukannya proses penelitian.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari dua tahap pengujian. Pengujian pertama yaitu *Deposit weight loss Test*, atau pengujian untuk mengetahui seberapa banyak deposit yang berhasil dihilangkan setelah proses perendaman. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan berat kain felt sampel sebelum dan sesudah perendaman. Berat yang hilang setelah proses perendaman dapat diasumsikan sebagai jumlah deposit yang berhasil dihilangkan. Pengujian selanjutnya adalah *Water absorption Test*, yaitu pengujian yang dilakukan dengan cara menghitung kecepatan 1mL air untuk masuk kedalam pori-pori kain *felt*. Semakin efektif proses perendaman, maka kain felt akan semakin bersih, sehingga penetrasi air kedalam pori-pori felt semakin cepat.

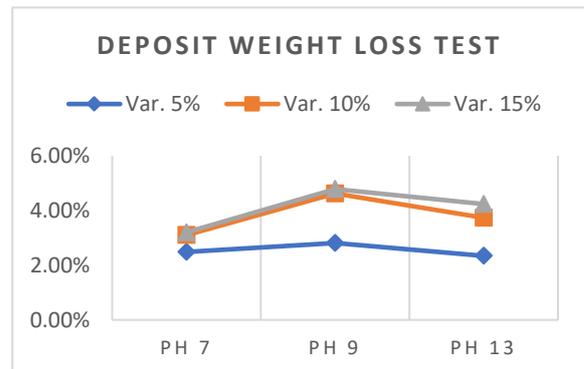
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian *Deposit Weight Loss Test*

Deposit weight loss Test merupakan pengujian berat sampel sebelum dan sesudah perendaman. Prosedur pengujian dilakukan berdasarkan Patent WO2016/08512 A1, tentang pengujian karakteristik kain felt. Berikut data hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Rata-Rata Hasil Pengujian *Deposit Weight Loss Test*

Konsentrasi Enzim	Rata-Rata Hasil Pengujian <i>Deposit Weight Loss Test</i>		
	pH 7	pH 9	pH 13
Konsentrasi 5%	2.48%	2.81%	2.34%
Konsentrasi 10%	3.1%	4.62%	3.73%
Konsentrasi 15%	3.2%	4.78%	4.23%



Gambar 1. Grafik Rata-Rata Hasil Pengujian *Deposit Weight Loss Test*

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bagaimana perbedaan larutan cleaner agent dengan masing-masing konsentrasi enzim dan pH bekerja untuk menghilangkan deposit yang terkandung dalam sampel kain *felt*.

Variasi larutan *cleaner agent* yang mampu menghilangkan deposit paling tinggi adalah variasi dengan konsentrasi enzim 15% dengan pH 9. Pada variasi larutan tersebut, rata-rata persentase pengurangan berat sampel kain *felt* mencapai 4.78%.

Sedangkan variasi dengan kinerja pengurangan deposit yang paling kecil adalah variasi dengan konsentrasi enzim 5% pH 13 dengan rata-rata hanya 2.34%.

Pengujian *deposit weight loss* merupakan pengujian yang ditujukan untuk mengetahui seberapa banyak deposit yang berhasil dihilangkan selama proses pencucian. Dalam kain *felt*, deposit didominasi oleh fines yang mengendap didalam pori-pori kain *felt*, sehingga menurunkan efektifitas proses *dewatering*. *Fines* merupakan serat selulosa halus yang dihasilkan dari proses fibrilasi yang kurang optimal. *Fines* tersebut harus dihilangkan sebanyak mungkin selama proses pencucian felt agar *runability* dari *felt* tersebut terus terjaga selama proses *dewatering*. Selain itu, kondisi *felt* yang tidak baik akan menyebabkan berbagai permasalahan pada lembaran kertas tisu, seperti tidak tercapainya *moisture* target sebelum proses *drying*, menimbulkan lubang pada lembaran, dan dapat menyebabkan *sheet break* atau terputusnya lembaran kertas tisu.

Proses penghilangan *fines* sangat bergantung pada efektifitas dari reaksi selulolitik pada enzim selulase. Menurut Rosyida (2016), semakin bertambah konsentrasi enzim maka kecepatan reaksi akan semakin meningkat. Enzim Selulosa berkerja optimum pada suhu 45-50°C dengan rentang pH 5-9 (Lakhundi, et a.l, 2015). Pada saat tersebut, 90% asam amino penyusun enzim berada pada bentuk aktif. Kondisi pH yang terlalu asam atau terlalu basa menyebabkan asam amino pembentuk enzim menjadi inaktif (Sari, 2010).

Selain itu, kinerja enzim selulase sebagai cleaner agent juga sangat bergantung pada surfaktan. Surfaktan merupakan zat yang dapat meningkatkan tegangan permukaan cair (Halim, H.P., 2011). Akibatnya, penetrasi cleaner agent kedalam pori-pori felt menjadi lebih mudah sehingga proses penghilangan fines menjadi lebih efektif.

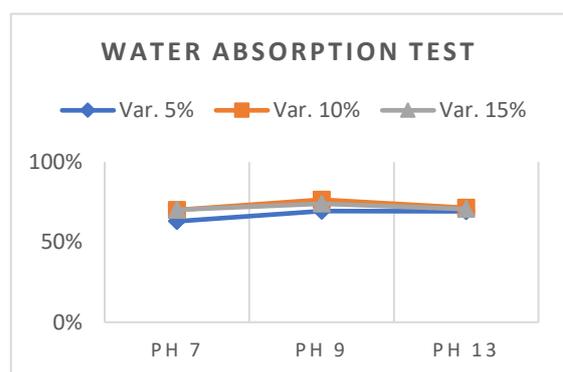
Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian *deposit weight loss test* maka dapat disimpulkan bahwa *cleaner agent* dengan konsentrasi enzim 15% pH 9 merupakan variasi dengan kinerja terbaik.

Hasil Pengujian Water Absorption Test

Water absorption Test merupakan pengujian dengan meneteskan 1mL air keatas permukaan kain *felt* yang bersentuhan langsung dengan lembaran kertas ketika masih terpasang pada mesin. Prosedur pengujian sudah disesuaikan dengan *Patent WO2016/08512 A1*. Hasil dari *Water absorption Test* yang telah dilakukan selama proses penelitian adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Rata-Rata Hasil Pengujian Water Absorption Test

Konsentrasi Enzim	Rata-Rata Persentase Hasil Pengujian <i>Water Absorption Test</i>		
	pH 7	pH 9	pH 13
Konsentrasi 5%	63%	69.40%	69.20%
Konsentrasi 10%	70.10%	76.50%	71.50%
Konsentrasi 15%	70.20%	73.99%	70.58%



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Hasil Pengujian Water Absorption Test

Kemampuan *water absorption* pada kain *felt* selain dipengaruhi oleh tingkat kebersihan kain *felt*, juga dipengaruhi oleh sifat fisika dari kain *felt*. Sifat fisika dari kain *felt* antara lain kekuatan serat,

elastisitas, dan daya serap air. Daya serap air berperan penting dalam proses *dewatering* pada *suction press roll*. Penyerapan air terjadi melalui peristiwa kapilaritas, yaitu kemampuan cairan untuk menembus pori-pori halus dinding kain yang belum dibasahi, dan dipindahkan ke dinding yang belum dibasahi. Sifat kapilaritas kain dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis benang penyusun kain, formasi benang penyusun, tekstur, dan kerapatan benang penyusun kain (Chatterjee & Singh, 2014). Penggunaan enzim selulase dimaksudkan untuk mendegradasi *finer* yang mengendap didalam pori-pori *felt*. Hilangnya *finer* dari *felt* akan membuat area kontak antara *felt* dengan air sehingga penyerapan air menjadi lebih cepat. Mekanisme penghilangan *finer* dari pori-pori kain *felt* adalah dengan reaksi hidrolisis. Enzim selulase akan memecah *finer* menjadi monomer-monomer glukosa kecil, yang kemudian akan terlarut dalam air.

Adanya enzim selulase dalam konsentrasi tertentu yang menyelubungi serat kain *felt* membuat permukaan kain felt akan bersifat hidrofilik, sehingga penyerapan air menjadi lebih cepat (Sri Gustiani & Rifaida, 2013).

Penggunaan bahan pembersih dengan konsentrasi berlebih pada kain berdampak negatif terhadap sifat fisik dari kain itu sendiri. Kain setelah pencucian akan menjadi kaku, dan menurun ketahanan warnanya (Puji Asih, 2020). Dalam penelitian ini, konsentrasi bahan pembersih adalah konsentrasi enzim yang digunakan pada formulasi *cleaner agent*. Konsentrasi enzim berlebih justru membuat felt menjadi lebih kaku, dan menurunkan kelenturan kain felt. Akibatnya, air akan sulit masuk menyerap kedalam kain *felt* sehingga kemampuan water absorption justru menurun.

Berdasarkan hasil dari keseluruhan pengujian water absorption test, maka variasi *cleaner agent* dengan komposisi konsentrasi enzim 10% dengan pH 9

merupakan variasi terbaik. Rata-rata hasil pengujian *water absorption* pada variasi tersebut mampu meningkatkan kecepatan penyerapan air sebesar 76.50% setelah proses perendaman.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis data yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya, berikut adalah beberapa kesimpulan yang didapat.

- Penggunaan enzim selulase dikombinasikan dengan nonylphenol ethoxylates (NP10) bisa diaplikasikan sebagai cleaner agent untuk pencucian felt. Semakin tinggi konsentrasi enzim yang digunakan maka pengurangan deposit dari kain felt akan semakin tinggi. pH larutan memiliki dampak terhadap kinerja cleaner agent. pH 7 memiliki kinerja yang kurang efektif karena pada pH tersebut nonionik surfaktan tidak bekerja secara optimal untuk berpenetrasi kedalam pori-pori felt ketika proses perendaman. pH 13 dinilai terlalu tinggi, karena pada saat tersebut reaksi selulolitik akan menurun akibat dari proses denaturasi pada enzim. pH 9 merupakan pH larutan optimum, karena reaksi selulolitik masih berada pada rentang pH optimum, dan kinerja nonionik surfaktan lebih baik.
- Pengujian Deposit Weight Loss Test menunjukkan bahwa variasi larutan cleaner agent terbaik adalah larutan dengan konsentrasi enzim sebesar 15% pH 9. variasi larutan tersebut, rata-rata persentase pengurangan berat sampel kain felt mencapai 4.78%. Sedangkan variasi dengan kinerja pengurangan deposit yang paling kecil adalah variasi dengan konsentrasi enzim 5% pH 13. Rata-rata persentase pengurangan berat setelah perendaman adalah sebesar 2.34%.
- Pengujian Water Absorption Test menunjukkan bahwa variasi cleaner agent dengan komposisi

konsentrasi enzim 10% dengan pH 9 merupakan variasi terbaik. Rata-rata hasil pengujian water absorption pada variasi tersebut mampu meningkatkan kecepatan penyerapan air sebesar 76.50% setelah proses perendaman. Sedangkan variasi dengan kinerja paling rendah adalah pada variasi konsentrasi enzim 5% pH 7, dengan rata-rata peningkatan kecepatan water absorption hanya sebesar 63%.

- Hasil terbaik untuk keseluruhan pengujian adalah pada larutan dengan konsentrasi enzim sebesar 10% pH 9. Meskipun nilai deposit weight loss test bukan yang tertinggi, namun variasi tersebut tetap layak untuk dinyatakan sebagai yang terbaik. Felt pada dasarnya dibersihkan untuk memperbaiki kemampuan water absorption dan/ atau water permeability. Meskipun mampu menghilangkan deposit lebih banyak, penggunaan enzim terlalu banyak akan mengganggu sifat fisika dari kain felt. Jika felt berkurang kemampuan water absorption nya, maka akan berdampak negatif ketika proses dewatering pada saat produksi di tissue machine.

SARAN

Dari serangkaian penelitian yang sudah dilakukan, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian di masa yang akan datang adalah sebagai berikut : (1)Waktu perendaman dipersingkat dengan uji coba selama 30-90 menit, namun kecepatan pengadukan ditingkatkan. (2) Menguji coba penambahan bahan seperti sodium silikat sebagai *stabilizer* enzim untuk mempertahankan reaksi selulotik bahkan pada pH tinggi. (3) Dilakukan identifikasi deposit pada kain *felt* sebelum penelitian untuk menentukan *treatment* yang tepat. (4) Dilakukan pengujian morfologi serat kain felt menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* untuk mengetahui kondisi

morfologi serat kain sebelum dan sesudah perendaman. (5) Melakukan pengujian kekeruhan (*Turbidity Test*) pada larutan *cleaner agent* sebelum dan sesudah proses pencucian kain *felt*. (6) Dilakukan uji coba untuk melakukan pencucian kain felt yang masih terpasang pada *tissue machine* dalam skala *mini plant*.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Allah SWT karena hanya karena nikmat dan karunia-Nya saya mampu untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir ini;
2. Nabi Muhammad SAW yang melalui ajaran beliau saya mampu untuk tetap kuat dan senantiasa berusaha tetap dijalan yang benar;
3. Orang tua, adik dan kakak saya yang selalu memberikan dukungan selama masa perkuliahan;
4. Ibu Rachmawati Apriani, S.T.,M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing saya selama penyusunan Tugas Akhir ini;
5. Seluruh dosen Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas Institut Teknologi Sains Bandung yang telah banyak memberikan ilmu dan wawasan
6. Bapak S.P. Ch. Somachi Sarma, M.Sc selaku *Quality Assurance Department (QAD) Head Tissue Bussines Unit PT OKI Pulp and Paper Mill*;
7. Bapak Ahmad Irawan, S.T, Bapak Deni Novilantoro S.T, dan Bapak Feru Aprianjaya, S.T selaku mentor lapangan yang banyak membantu berupa arahan, bimbingan, serta dukungan peralatan laboratorium selama pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

- Adhiyanto, Chris. Rini Puspitaningrum. 2016. Enzim dan Pemanfaatannya. Bogor: Ghalia Indonesia
- Akhmad, Fandi. 2017. Formulasi Cairan Pembersih Lantai Dari Najis *Mughalladzah* Dengan Variasi Konsentrasi Kaolin-Bentonit Dan Variasi Konsentrasi Natrium Metasilikat. Skripsi. Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. UIN Syarif Hidayatullah
- APP Paper Production School. 2020. *Drying Process* [Presentasi PowerPoint]
- APP Paper Production School. 2020. *Headbox and Tissue Formation* [Presentasi PowerPoint]
- APP Paper Production School. 2020. *Tissue Mill Overvier* [Presentasi PowerPoint]
- Ardinai, Septia., dkk. 2019. Analisis Kapilaritas Air pada Kain. Jurnal Fisika. Semarang. Universitas Negeri Semarang
- Deskha, A. Kartika. Sugiarto, K. 2017. Pengaruh Konsentrasi *Nonylphenol Ethoxylate* Terhadap Kinerja Surfaktan Aos Sebagai Bahan Chemical Flooding Pada Batuan Pasir. Seminar Nasional Cendekiawan. Jawa Barat: Universitas Trisakti
- Gustiani, Sri dan Rifaida Eriningsih. 2013. Peningkatan Daya Serap Serat Poliester Menggunakan Selulosa Bakterial. Bandung: Balai Besar Tekstil
- Halim, Humala Paulus. 2011. Pengaruh Konsentrasi *Nonylphenol Ethoxylate* Non-Ionik Terhadap Kinerja Surfaktan Metil Ester Sulfonat Sebagai Bahan *Chemical Flooding*. Skripsi. Depok: Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Heitman, Jr. *et al.* 1999. *Method of Cleaning Papermaking Felts With Enzyme*. United States Patent: Patent Number 5,961,735
- Irawati, Rosyida. 2016. Karakterisasi pH, Suhu, dan Konsentrasi Substrat Pada Enzim Selulase Kasar yang Diproduksi Oleh *Bacillus circulans*. Jurnal Skripsi. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Joakim, Aronsson. *et al.* 2022. *Tissue Paper Making Machine and A Method of Operating A Tissue Paper Making Machine*. United States: Patent Cooperation Treaty (PCT). Patent Number WO2020/076204
- Kilisuci, Devi. 2020. Peran Enzim *Endoglukonase* Pada Proses Fibrilasi Serat Terhadap Kualitas Kertas Tisu Towel. Tugas Akhir. Bekasi: Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Program Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Kilyk, Luke A. *et al.* 2016. *Felt Conditioner and Cleaner*. World Intellectual Property Organization. International Bureau: Patent Cooperation Treaty (PCT). Patent Number WO2016/085912 A1
- Kosasih, dkk. 2012. Penggunaan Larutan Alkali Tanpa Cyanida Sebagai Pengganti Larutan Alkali Cyanida Pada Proses Pelapisan Logam. Jurnal Riset Industri. Bandung: Balai Besar Logam Mesin.
- Lakhundi, Sahreena. *et al.* 2015. *Cellulose Degradation : A Therapeutic Strategy in The Improved Treatment of Acanthamoeba Infections*. Department of Biological and Biomedical Sciences. Pakistan: Aga Khan University

- Oktari, Noni. 2020. Pengaruh Konsentrasi Enzim Selulase dan Lakase Dalam Proses Penghilangan Tinta Pada Kertas Koran Bekas. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Putra, Valentinus G.A., dkk. 2020. *Study of Surface Tension Properties looked on ContactAngle Value on 100% NylonTextile Fabric Using Corona Discharge Plasma Technology*. Wahana Fisika. Bandung: Politeknik STIT Bandung
- Sari, R. F. 2010. Optimasi Aktivitas Selulase Ekstraseluler dari Isolat Bakteri RF-10. Skripsi. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
- Septiningrum, K. Dan Pramuaji, I. 2017. Aplikasi Enzim Di Industri Pulp Dan Kertas. Jurnal Selulosa.