

---

## PENURUNAN KADAR KROM LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH KULIT SAPI DAN LIMBAH TUMBUHAN

**Adhevada Ayu Dyah Anda Resta Pratama dan Novirina Hendrasarie**  
Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Email: [novirina@upnjatim.ac.id](mailto:novirina@upnjatim.ac.id)

### ABSTRAK

Limbah cair industri penyamakan kulit mengandung senyawa kromium (Cr) yang sangat tinggi akan menimbulkan pencemaran bagi lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk menurunkan kandungan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit adalah proses adsorpsi secara *fixed bed column* dan memanfaatkan limbah kulit sapi samak, kulit jeruk pamel, dan jerami sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben limbah kulit sapi samak, kulit jeruk pamel, dan jerami dalam menurunkan kadar kromium; mengetahui kondisi optimum dari variasi waktu sampling dan tinggi adsorben yang digunakan; mengetahui titik jenuhnya; dan mengetahui kapasitas adsorpsi karbon aktif dengan permodelan Thomas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben dari limbah jerami merupakan adsorben paling optimal menurunkan kadar krom sebesar 98,73%. Sehingga konstanta jerap dalam model Thomas sebesar 0,0092 L/mg/menit dengan  $q_0$  0,155564 mg/g untuk adsorpsi krom.

**Kata kunci:** Adsorpsi, Limbah Kulit Sapi Samak, Limbah Kulit Jeruk Pamel, Limbah Jerami, Krom

### ABSTRACT

*The liquid waste of the leather tanning industry contains very high chromium (Cr) compounds which will cause pollution to the environment if it is not processed. One method that can be used to reduce the chromium content in the liquid waste of the leather tanning industry is the fixed bed column adsorption process and utilizing waste tanned cowhide, pamel peel, and straw as adsorbents. This study aims to determine the ability of the adsorbent of tanned cowhide, pamel orange peel, and straw waste to reduce chromium content; knowing the optimum conditions of the variation of sampling time and the height of the adsorbent used; knowing the saturation point; and knowing the adsorbance capacity of activated carbon using the Thomas model. The results showed that the adsorbent from straw waste was the most optimal adsorbent to reduce chromium content by 98.73%. So that the adsorption constant in the Thomas model is 0.0092 L/mg/min with a  $q_0$  of 0,155564 mg/g for chromium adsorption.*

**Keywords:** Adsorption, Tanned Cowhide Waste, Pamel Peel Waste, Straw Waste, Chromium

## **PENDAHULUAN**

Limbah cair industri penyamakan kulit mengandung senyawa kromium (Cr) yang berasal dari proses penyamakan kulit. Akumulasi limbah kromium dengan kadar tinggi yang terus menerus akan menimbulkan pencemaran bagi lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan (Sahlan et al., 2016).

Berbagai metode pengolahan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit telah dilakukan, diantaranya dapat dilakukan untuk mengurangi ion logam Cr dalam limbah cair, antara lain dengan cara reduksi, osmosis terbalik, pertukaran ion, adsorpsi, elektrolisis (Sugihartono, 2016). Dari beberapa proses yang telah digunakan, adsorpsi merupakan metode yang paling efektif dan terjangkau dalam menangani limbah logam berat (Ningsih et al., 2017). Penelitian ini membandingkan antara limbah kulit sapi, kulit jeruk pamelo dan jerami dengan menggunakannya sebagai adsorben dalam menurunkan kadar krom limbah cair industri penyamakan kulit dengan menggunakan proses adsorpsi secara kontinu dengan *pre-treatment* koagulasi flokulasi dengan penambahan koagulan PAC.

### **Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan atom, ion, atau molekul dalam larutan pada suatu permukaan zat penyerap. Proses ini terjadi pada permukaan dua fase zat, yaitu antara fasa gas-padat atau fase cair-padat. Zat yang diserap pada proses adsorpsi disebut adsorbat, sedangkan zat yang menyerap disebut dengan adsorben (Saputri, 2020).

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi daya serap proses adsorpsi yaitu luas permukaan, temperatur, pH, jenis, adsorbat, dan waktu kontak (Syauqiah et al., 2011).

### **Limbah Kulit Sapi**

Kulit sapi samak merupakan salah satu limbah dari bahan baku industri penyamakan kulit. Kulit sapi memiliki kandungan utama berupa protein dan air serta karbohidrat, lemak dan mineral, dan kolagen namun dalam jumlah yang sedikit sehingga berpotensi menjadi adsorben (Sugihartono, 2018).

### **Limbah Kulit Jeruk Pamelo**

Kandungan utama kulit jeruk pada umumnya terdiri dari selulosa, pektin, hemiselulosa, lignin, zat warna klorofil dan hidrokarbon dengan berat molekul rendah lainnya (Mansour et al., 2012). Komponen tersebut mengandung berbagai kelompok fungsional seperti karboksil dan hidroksil yang memberikan potensi kulit jeruk untuk dijadikan adsorben untuk menghilangkan berbagai senyawa ionik dari larutan.

### **Limbah Jerami**

Jerami merupakan limbah terbesar hasil pertanian. Komponen utama jerami berupa silika, lignin, dan karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa). Selulosa merupakan unsur penyusun utama dinding sel tumbuhan. Selulosa terbukti mampu mengadsorpsi logam berat seperti krom (Dini et al., 2013).

## **METODE PENELITIAN**

### **a. Alat dan Bahan Penelitian**

Saringan atau ayakan 100 mesh, Alu dan mortar, Oven, Furnace, Timbangan Analitik, Desikator, Cawan porselin, *Beaker glass*, *Box Container*, Tabung plastik, Pompa *submersible*, Selang, Botol 100 ml, Kolom Adsorpsi *Acrylic (Reaktor fixed bed)*, Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit, Limbah Kulit Sapi, Limbah Kulit Jeruk Pamelo, Limbah Jerami, *Poly Aluminium Chloride (PAC)*, NaOH, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

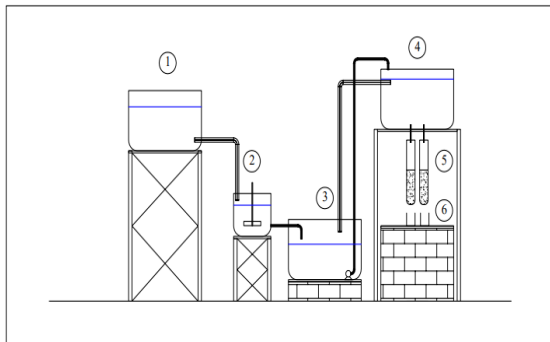
### **b. Pembuatan Adsorben**

Cuci, potong dan keringkan kulit sapi, kulit jeruk pamelo, dan jerami di bawah sinar matahari hingga kering, dan kemudian dikeringkan kembali dengan oven. Setelah itu bakar menggunakan *furnace* hingga kulit berubah menjadi karbon atau arang. Selanjutnya, haluskan karbon dan saring karbon menggunakan ayakan 100 *mesh*. Kemudian aktivasi menggunakan NaOH, HCl, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan bilas dengan aquades hingga pH netral. Setelah itu keringkan kembali dengan oven.

### **c. Proses Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan proses adsorpsi secara kontinu dengan *pre-treatment* koagulasi flokulasi dengan penambahan koagulan PAC. Limbah cair awal dimasukkan ke dalam bak penampung kemudian dialirkan ke bak koagulasi

flokulasi. Selanjutnya limbah cair sampel dialirkan ke dalam bak penampung air limbah lalu dipompa menuju ke bak pengatur yang sudah diatur sesuai dengan variabel penelitian sebesar 30 ml/menit. Kemudian dari bak pengatur debit dialirkan menuju ke kolom adsorpsi dimana variasi tinggi media adsorben 15 cm dan 20 cm dengan variasi waktu sampling 20,40, 60, 80, dan 100 menit. Hasil penyisihan dapat diketahui kapasitas jerapnya dengan pemodelan Thomas.



**Gambar -1:** Desain Reaktor Adsorpsi Kontinu *Fixed Bed Column*

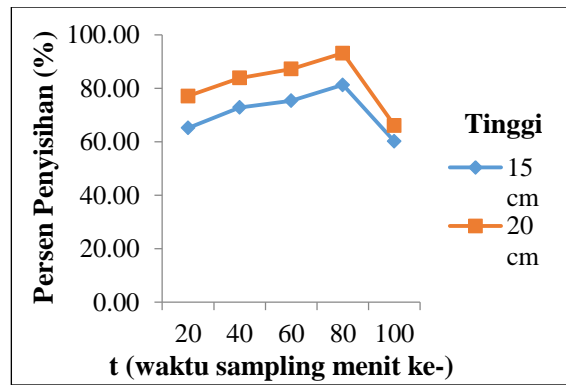
Keterangan :

1. Bak Penampung Awal Limbah
2. Bak Koagulasi Flokulasi
3. Bak Penampung Limbah
4. Bak Pengatur Debit
5. Kolom Adsorpsi
6. Wadah Penampung

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

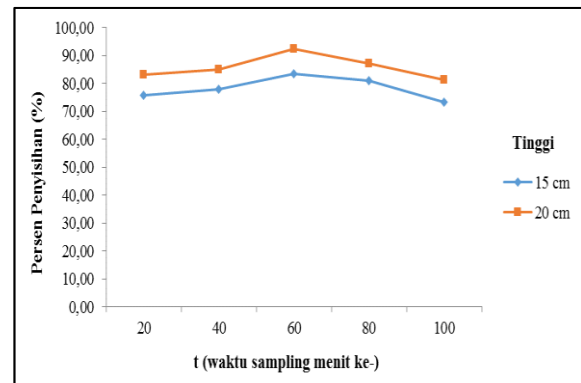
**1. Kemampuan Adsorben**

Berdasarkan penelitian adsorpsi secara kontinu sistem *fixed bed column* yang telah dilakukan, nilai parameter yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Pada penelitian ini digunakan beberapa jenis adsorben yaitu limbah kulit sapi samak, limbah kulit jeruk pamel, dan limbah jerami dengan variasi tinggi adsorben 15 cm dan 20 cm. Kemampuan adsorben dilihat dengan membandingkan persen removal dengan waktu sampling pada setiap variasi tinggi adsorben.



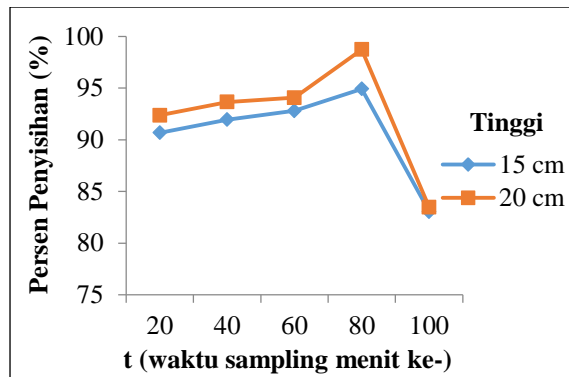
**Grafik -1** Grafik Penurunan Kadar Krom dengan Adsorben Limbah Kulit Sapi

Berdasarkan grafik 1 menjelaskan tentang penggunaan adsorben limbah kulit sapi samak dengan perbandingan tinggi media 15 cm dan 20 cm pada waktu sampling 20, 40, 60, 80, dan 100 menit. Hasil penurunan kadar krom dengan adsorben kulit sapi memiliki persebaran nilai yang merata. Persen penyisihan krom dengan adsorben limbah kulit sapi samak yang paling optimum didapatkan pada variasi tinggi adsorben 20 cm dan pada waktu sampling 80 menit dengan nilai sebesar 93,22%.



**Grafik -2** Grafik Penurunan Kadar Krom dengan Adsorben Limbah Kulit Jeruk Pamel

Berdasarkan grafik 2 menjelaskan tentang penggunaan adsorben limbah kulit jeruk pamel dengan perbandingan tinggi media 15 cm dan 20 cm pada waktu sampling 20, 40, 60, 80, dan 100 menit. Hasil penurunan kadar krom dengan adsorben kulit jeruk pamel memiliki persebaran nilai yang merata. Persen penyisihan krom dengan adsorben limbah kulit jeruk pamel yang paling optimum didapatkan pada variasi tinggi adsorben 20 cm dan pada waktu sampling 60 menit dengan nilai sebesar 92,37%.

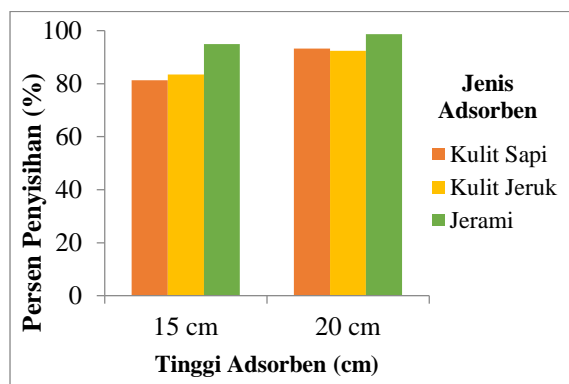


**Grafik -3** Grafik Penurunan Kadar Krom dengan Adsorben Limbah Jerami

Berdasarkan grafik 3 menjelaskan tentang penggunaan adsorben limbah jerami dengan perbandingan tinggi media 15 cm dan 20 cm pada waktu sampling 20, 40, 60, 80, dan 100 menit. Hasil penurunan kadar krom dengan adsorben limbah jerami memiliki persebaran nilai yang merata. Persen penyisihan krom dengan adsorben limbah jerami yang paling optimum didapatkan pada variasi tinggi adsorben 20 cm dan pada waktu sampling 80 menit dengan nilai sebesar 98,73%.

**2. Tinggi Adsorben dan Waktu Sampling yang Optimal**

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan tinggi adsorben dan jenis adsorben pada waktu sampling yang paling optimal menggunakan adsorben dari limbah kulit sapi samak, kulit jeruk pamel, dan jerami dalam menurunkan parameter krom pada limbah cair industri penyamakan kulit.

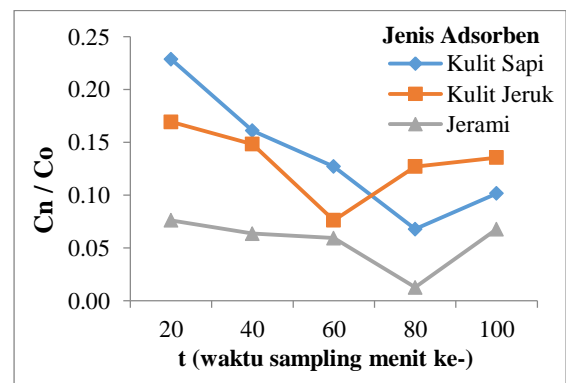


**Grafik -4** Grafik Jenis dan Tinggi Adsorben pada Waktu Sampling yang Optimal untuk Menurunkan Krom

Berdasarkan grafik 4 menjelaskan tentang perbandingan tinggi media dan jenis media pada waktu sampling yang paling optimal. Hasil penelitian menunjukkan tinggi adsorben paling optimum untuk menurunkan kadar krom yaitu adsorben yang berasal dari limbah jerami dengan variasi tinggi media adsorben yaitu 20 cm pada waktu sampling 20 cm. Yang dimana nilai persen removalnya sebesar 98,73%. Semakin tinggi media adsorben, maka semakin banyak jumlah adsorben yang digunakan. Banyaknya adsorben akan menjadikan semakin luas pula permukaan adsorben sehingga banyak zat yang teradsorpsi (Syauqiah et al., 2011).

**3. Efektivitas Terhadap Titik Jenuh**

Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan efektivitas pada titik jenuh dari adsorben limbah kulit sapi samak, limbah kulit jeruk pamel, dan limbah jerami. Pengaruh dari ke tiga jenis adsorben dapat diketahui dengan membandingkan antara persen  $C_n/C_o$  terhadap waktu sampling.



**Grafik -5** Grafik Efektivitas Adsorben Terhadap Titik Jenuh dalam Menurunkan Krom

Berdasarkan data pada grafik 5 didapatkan persen penurunan parameter dengan tinggi paling optimum yaitu pada variasi tinggi 20 cm. Dari hasil tersebut dapat diketahui titik jenuh pada karbon aktif limbah jerami dan limbah kulit sapi dibandingkan dengan adsorben dari limbah kulit jeruk pamel.  $C_n/C_o$  pada karbon aktif jerami dan limbah kulit sapi samak tepat pada waktu 80 menit setelah itu akan mengalami titik jenuh, sedangkan adsorben dari limbah kulit jeruk pamel  $C_n/C_o$  tepat pada waktu 60 menit setelah itu jenuh.

Waktu jenuh yang semakin lama menunjukkan bahwa kualitas adsorben akan lebih optimal dalam meregenerasi (Hendrasarie & Prihantini, 2020).

**4. Pemodelan Thomas**

Pada penelitian ini, sistem adsorpsi kontinu yaitu *fixed bed column* dianalisis

dengan menggunakan Pemodelan Thomas yang merupakan salah satu model kinerja kolom yang paling sering digunakan dalam sistem adsorpsi kontinu. Pemodelan Thomas dianggap cocok dalam menggambarkan adsorpsi kinetika kolom (Hendrasarie & Maria, 2021).

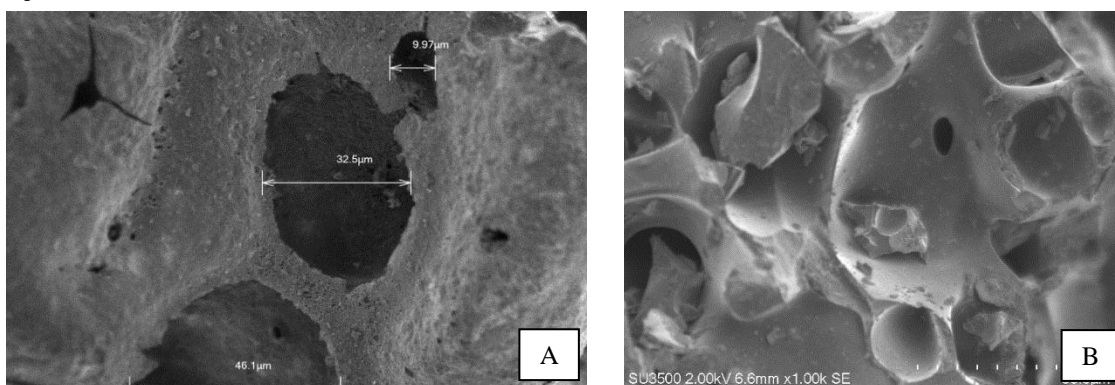
**Tabel -1** Pemodelan Thomas

Jenis Adsorben	Parameter	Persamaan Linear	R <sup>2</sup>	Kth (L/mg/menit)	qo (mg/g)
Kulit Sapi	Krom	Y = -0,3865X + 3,2704	0,4862	0,011042857	0,074039
Kulit Jeruk		Y = -0,2598X + 2,9641	0,753	0,010392	0,106961
Jerami		Y = -0,4591X + 4,7613	0,3864	0,009182	0,155564

Sumber : Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan perhitungan pemodelan Thomas menghasilkan nilai data konstanta Thomas (Kth) dan kapasitas adsorbansi (qo) untuk parameter krom. Berdasarkan nilai yang dihasilkan, nilai koefisien korelasi atau R<sup>2</sup> termasuk kecil, sehingga tidak mampu menjelaskan variabel dengan baik. Berdasarkan perhitungan persamaan Thomas didapatkan hasil bahwa kapasitas adsorbansi tertinggi dicapai pada variasi penggunaan adsorben jenis karbon aktif jerami untuk parameter krom sebesar 0,155564 mg/g dengan tinggi adsorben 20 cm. Dengan artian dalam 1 gram karbon aktif jerami mampu menyerap (qo) penyerapan polutan dalam 0,155564 mg adsorbat krom. Pencarian qo pada pemodelan Thomas bertujuan untuk mengetahui seberapa besar polutan yang terjerap terhadap 1 gram adsorben yang menyerap.

**5. Uji SEM**



**Gambar -2:** Hasil Analisa SEM: (A) Karbon Aktif Limbah Kulit Sapi Samak sebelum adsorpsi (B) Karbon Aktif Limbah Kulit Sapi Samak sebelum adsorpsi, perbesaran 1000x

**KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan limbah kulit sapi sebagai adsorben dalam proses adsorpsi kontinu menghasilkan persen penyisihan optimum yaitu krom 93,22%. Untuk adsorben kulit jeruk pamelos dalam proses adsorpsi kontinu menghasilkan persen penyisihan optimum yaitu krom 92,37%. Sedangkan

untuk penggunaan adsorben limbah jerami dalam proses adsorpsi kontinu menghasilkan persen penyisihan optimum yaitu krom 98,73%.

2. Tinggi adsorben paling optimum untuk menurunkan kadar krom yaitu adsorben yang berasal dari limbah jerami dengan variasi tinggi media adsorben yaitu 20 cm pada waktu sampling 20 cm. Yang dimana nilai persen removasebesar 98,73%.

3. Efektivitas adsorben dari limbah kulit sapi, kulit jeruk pamelon, dan limbah jerami terhadap titik jenuhnya yaitu, pada karbon aktif jerami dan limbah kulit sapi samak mulai jenuh pada waktu 80 menit, dan karbon aktif dari limbah kulit jeruk pamelon mulai jenuh setelah 60 menit.
4. Dari hasil penerapan model Thomas, didapatkan kapasitas adsorbansi tertinggi dicapai pada variasi penggunaan adsorben jenis karbon aktif jerami untuk parameter krom sebesar 0,155564 mg/g dengan tinggi adsorben 20 cm.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis ucapkan terima kasih kepada Allah SWT, orang tua, dosen pembimbing, dan teman-teman yang telah membantu dalam menyelesaikan proses penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Dini, M. K., Rachmadiarti, F., & Kuntjoro, S. (2013). Potensi Jerami Sebagai Adsorben Logam Timbal ( Pb ) Pada Limbah Cair Industri Batik Sidokare , Sidoarjo The Potential of Rice Straw as Pb Adsorbent on Wastewater of Batik Industry in Sidokare Sidoarjo. *LenteraBio*, 5(2012), 111–116.
- Hendrasarie, N., & Maria, S. H. (2021). South African Journal of Chemical Engineering Combining grease trap and Moringa Oleifer a as adsorbent to treat wastewater restaurant. *South African Journal of Chemical Engineering*, 37(December 2020), 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2021.05.004>
- Hendrasarie, N., & Prihantini, R. (2020). *Pemanfaatan karbon aktif sampah plastik untuk*. 6(2), 136–146.
- Mansour, H. F., El-Said, A. G., & Gamal, A. M. (2012). *Potential Application of Orange Peel (OP) as an Eco-friendly Adsorbent for Textile Dyeing Effluents*. 7(3), 1–13.
- Ningsih, D. A., Said, I., & Ningsih, P. (2017). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 55. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i2.8002>
- Sahlan, L., Radinta, S., Kholisoh, S. D., & Mahargiani, T. (2016). Penurunan Kadar Krom ( Cr ) dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Metode Elektrokoagulasi secara Batch. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. ISSN 1693-4393*, 51, 1–7.
- Saputri, C. A. (2020). Kapasitas Adsorpsi Serbuk Nata De Coco (Bacterial Sellulose) Terhadap Ion Pb<sup>2+</sup> Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Kimia*, 14(1), 71.
- Sugihartono. (2018). Pemanfaatan Limbah Turunan Industri Penyamakan Kulit sebagai Upaya untuk Meminimalisir Dampak Pencemaran Lingkungan *Utilization of Industrial Leather Tannery Waste to Minimize the Effects of Pollution*. 25–40.
- Sugihartono, S. (2016). Pemisahan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan gelatin dan flokulan anorganik. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 32(1), 21.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.