

Bidang: Teknik Analisis Kimia Mineral

Topik: Rekayasa Proses Teknik Kimia

Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr(VI)) pada Limbah Cair dengan Metode Adsorpsi: Kajian Pengaruh Jenis, Massa Perpaduan Adsorben dan Waktu Kontak

Rahmayanti*, Ade Putra Niswan Makkasau, Muhammad Fauzan, Kamaludin, Dewi Purnama Sari
Politeknik Industri Logam Morowali
rahmayanti@pilm.ac.id dewi@pilm.ac.id

ABSTRAK

Pencegahan pencemaran lingkungan akibat limbah cair yang mengandung kromium heksavalen (Cr(VI)) perlu diupayakan melalui pengolahan limbah cair menggunakan metode adsorpsi. Metode adsorpsi adalah proses penyerapan logam berat menggunakan adsorben, yang umumnya terbuat dari bahan organik terkarbonasi dengan gugus fungsional seperti Hidroksil (-OH) dan Karboksil (-COOH). Gugus-gugus fungsional ini berperan dalam interaksi dengan logam. Untuk meningkatkan efisiensi, bahan karbon harus diaktivasi dengan menggunakan metode kimia sehingga luas permukaan kontakannya lebih besar. Penelitian ini menggunakan berbagai jenis adsorben, perpaduan adsorben, serta variasi massa dan waktu kontak sebagai variabel untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efektivitas adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben serabut kelapa memberikan persentase adsorpsi tertinggi, yakni 98%, yang lebih tinggi 40-50% dibandingkan dengan adsorben sekam padi dan serbuk gergaji. Perpaduan adsorben sekam padi dan serbuk kayu tidak menunjukkan efektivitas yang lebih baik dalam penyerapan kromium heksavalen (Cr(VI)) dibandingkan dengan penggunaan masing-masing adsorben secara terpisah. Massa dan waktu kontak terbaik untuk mencapai persentase adsorpsi tertinggi pada serabut kelapa adalah 1% dalam larutan dengan waktu kontak 15 menit. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan efektivitas dan efisiensi proses adsorpsi dengan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk menurunkan kandungan kromium heksavalen (Cr(VI)) dalam limbah air.

Kata kunci: Adsorpsi, Serabut kelapa, Sekam padi, Serbuk kayu, Karbon aktif, kromium heksavalen (Cr(VI))

ABSTRACT

Waterwaste managemnet for prevention of hexavalent chromium (Cr(VI)) pollutant needs to be attempted through treatment using the adsorption method. The adsorption method is the process of absorbing heavy metals using adsorbents, which are generally made of carbonated organic matter with functional groups such as carboxyl and hydroxyl. It groups play a role in the interaction with metals. To increase efficiency, carbon matters must be activated using chemical methods so that the contact surface area is larger. This study used various types of adsorbents, adsorbent blends, and variations in mass and contact time as variables to determine their effect on adsorption effectiveness. The results showed that coconut fiber adsorbent provided the highest adsorption percentage 98%, which was 40-50% higher than sawdust and rice husk adsorbents. The combination of both did not present better effectiveness in adsorbing hexavalent chromium (Cr(VI)) compared to using each adsorbent separately. The best mass and contact time to achieve the highest adsorption percentage on coconut fiber is 1% mass in solution with a contact time of 15 minutes. The results of this study are expected to provide effectiveness and efficiency of the adsorption process with environmentally friendly and sustainable waste processing technology to reducing the content of hexavalent chromium (Cr(VI)) in waterwaste.

Keywords: Adsorption, coconut fiber, Rice husk, Sawdust, Activated carbon, Chromium hexavalent (Cr(VI))

PENDAHULUAN

Limbah cair yang mengandung logam berat memiliki sifat toksik dan dapat membahayakan ekosistem. Pencemaran lingkungan akibat limbah cair dengan kandungan logam berat dapat membahayakan kesehatan manusia karena sulit untuk dimetabolisme dan cenderung terakumulasi dalam tubuh [4]. Salah satu logam berat yang berbahaya adalah kromium (Cr), yang diketahui dapat merusak fungsi hati dan ginjal serta berisiko menyebabkan kanker paru-paru [1]. Kromium umumnya terdapat dalam dua bentuk valensi, yaitu kromium trivalen (Cr(III)) dan kromium heksavalen (Cr(VI)) kromium trivalen (Cr(III)) secara alami ditemukan di lingkungan sedangkan kromium heksavalen (Cr(VI)) dihasilkan dari aktivitas industri [2][3]. Kromium heksavalen (Cr(VI)) diketahui dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, dan hidung, serta meningkatkan risiko kanker paru-paru, gangguan hati, ginjal, sistem pencernaan dan menurunkan sistem kekebalan tubuh[5]. Oleh karena itu, pencegahan pencemaran kromium heksavalen (Cr(VI)) menjadi sangat penting.

Upaya untuk pencegahan pencemaran kromium heksavalen (Cr(VI)) dengan pengolahan limbah cair menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi (penjerapan) merupakan metode remediasi logam yang paling populer karena keamanannya, tidak menimbulkan efek samping berbahaya bagi kesehatan, tidak memerlukan peralatan yang kompleks dan biaya mahal, prosesnya sederhana, serta dapat didaur ulang [7]. Material adsorben yang cukup umum digunakan dalam proses adsorpsi adalah karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan berkisar antara 300 – 3500 m²/g, sehingga mampu menjerap senyawa kimia secara selektif, berdasarkan ukuran atau volume dari pori-pori adsorben [11]. Karbon aktif sebagai adsorben dapat diperoleh dari bahan organik seperti tempurung kelapa, serabut kelapa, sekam padi, serbuk kayu, ampas teh dan bonggol jagung [9][10], selain dapat menurunkan kadar kromium heksavalen (Cr(VI)) penggunaan bahan organik juga dapat membantu mengurangi limbah organik yang menumpuk.

Kajian tentang adsorpsi oleh adsorben serabut kelapa dengan atau tanpa aktivasi karbon, mendapati bahwa aktivasi karbon meningkatkan efektivitas proses adsorpsi [12]. Kajian mendalam tentang adsorben serabut kelapa, sekam padi dan serbuk kayu yang teraktivasi perlu dilakukan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi yang terjadi, kapasitas maksimum adsorpsi, serta potensi penggunaannya dalam pengolahan limbah cair kromium heksavalen (Cr(VI)). Dalam hal ini untuk mendapatkan parameter proses yang optimal seperti jenis adsorben, waktu kontak, perbandingan campuran adsorben yang dapat memaksimalkan efektivitas adsorpsi.

METODE PENELITIAN

Serabut kelapa, sekam padi dan serbuk kayu diubah menjadi adsorben dengan beberapa tahapan yaitu dibersihkan, dikeringkan, diaktivasi dan dikarbonasi. Pembersihan dilakukan mencuci bahan agar terbebas dari berbagai jenis kotoran, setelah pencucian bahan terlebih dahulu sebelum diaktivasi dengan perendaman larutan activator sesuai dengan jenis bahan, serabut kelapa di aktivasi menggunakan larutan H₃PO₄ 10%, sekam padi menggunakan ZnCl₂ 10% dan serbuk kayu menggunakan H₂SO₄ 10%, proses aktivasi dilakukan selama 24 jam. Setelah perendaman dan pengeringan, bahan di karbonisasi dengan pembakaran. Adsorben karbon aktif kemudian di ayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk memperoleh ukuran yang seragam.

Karbon aktif serabut kelapa sekam padi dan serbuk kayu dikontakan dalam limbah cair yang mengandung kromium heksavalen (Cr(VI)) dengan gramasi 3 gram dalam 300 ml limbah cair dan variasi waktu kontak 60 menit untuk melihat pengaruh jenis adsorben terhadap efektifitas adsorpsi. Variasi gramasi adsorben 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 3 gr dan variasi waktu kontak 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 120 menit menggunakan gramasi tertinggi 3 gr dilakukan untuk melihat efektifitas adsorben serabut kelapa dalam menurunkan kadar kromium heksavalen (Cr(VI)) pada limbah. Efektifitas perpaduan adsorben sekam padi dan serbuk kayu dilakukan dengan perbandingan 1:1, 1:2 dan 2:1. Pengujian kadar kromium heksavalen (Cr(VI)) dengan menggunakan UV-Vis menggunakan panjang gelombang 530 nm dan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) tipe TAS-990. Nilai absorbansi yang didapatkan setelah menguji UV-Vis akan diolah menggunakan persamaan berikut:

$$E (\%) = \frac{(\alpha_i - \alpha_t)}{\alpha_i} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana α_i adalah konsentrasi awal dan α_t adalah konsentrasi akhir [18]. Adapun untuk menghitung % adsorpsi digunakan persamaan sebagai berikut:

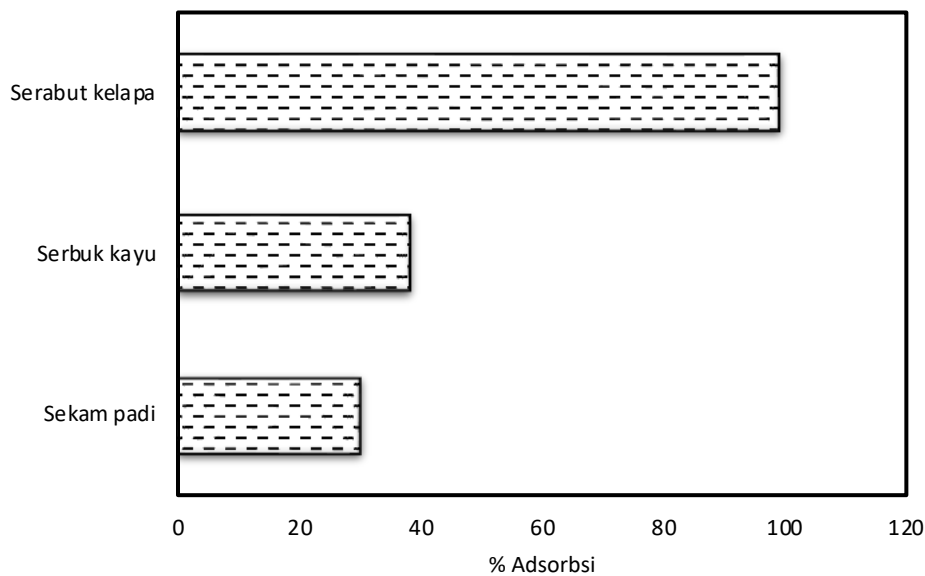
$$q_e = \frac{(\alpha_i - \alpha_t)}{m} \times V \quad (2)$$

Dimana α_i adalah konsentrasi awal, α_t adalah konsentrasi akhir, m adalah massa adsorben, dan V adalah volume larutan Cr(VI)[17]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh jenis adsorben terhadap % adsorpsi

Bahan organik seperti serabut kelapa, serbuk kayu dan sekam padi kaya akan komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin, komponen tersebut memiliki struktur gugus fungsi seperti karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH) yang dapat berinteraksi dengan polutan melalui ikatan ionik. Karbonasi pada bahan organik bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan kontak dan porositas bahan, meningkatkan jumlah gugus fungsi serta stabilisasi kimia pada bahan sehingga proses adsorpsi dapat maksimal.

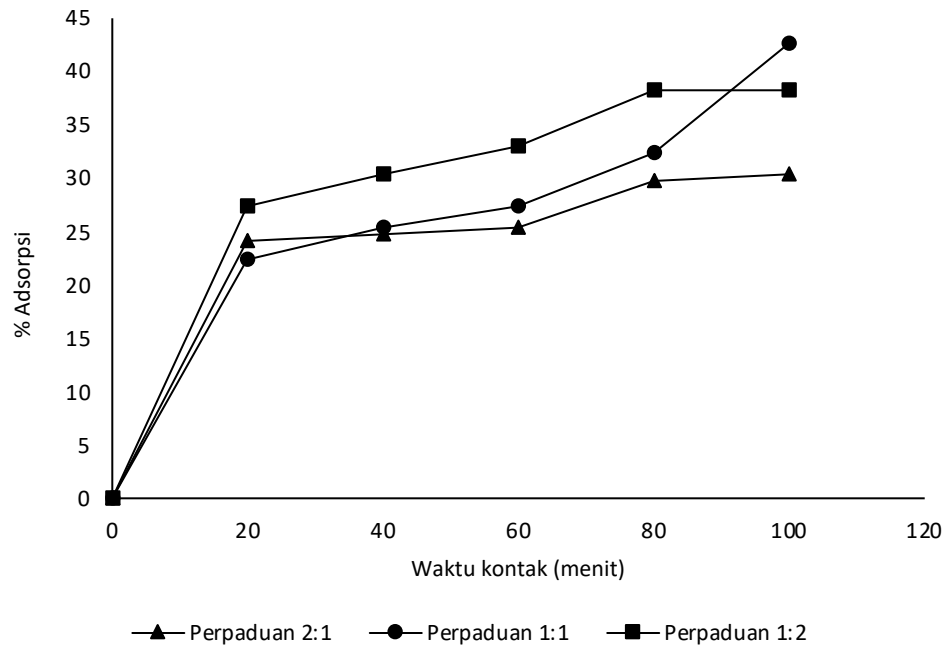


Gambar 1. % Adsorpsi pada berbagai jenis adsorben

Berdasarkan Gambar 1. % adsorpsi pada serabut kelapa lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk kayu dan sekam padi dengan perbedaan $\pm 60\%$, hal ini dapat disebabkan perbedaan kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin. Serabut kelapa memiliki kandungan selulosa (37,9%), hemiselulosa (40,9%) dan lignin (39,89%) [14]. Sekam padi memiliki kandungan selulosa (38%), hemiselulosa (18%), lignin (22%), dan SiO_2 (19%) [6]. Serbuk kayu memiliki kandungan selulosa (39,9%), hemiselulosa (17,5%), lignin (25%) [13]. Kemampuan selulosa, hemiselulosa dan lignin dalam adsorpsi kromium heksavalen (Cr(VI)) bergantung pada sifat kimia, struktur dan interaksinya, dalam hal adsorpsi logam berat seperti kromium heksavalen (Cr(VI)), hemiselulosa dan lignin berperan penting karena lebih banyak memiliki gugus karboksil dan struktur amorf yang dapat mendukung raksi ionik. Serabut kelapa memiliki kandungan hemiselulosa dan lignin dalam jumlah yang relatif lebih unggul dibandingkan dengan serbuk kayu dan sekam padi sehingga memiliki kemampuan adsorpsi kromium heksavalen (Cr(VI)) yang lebih baik.

Pengaruh perpaduan jenis adsorben sekam padi dan serbuk kayu terhadap % adsorpsi

Adsorben sekam padi dipadukan dengan adsorben serbuk kayu untuk mengetahui apakah perpaduan tersebut efisien untuk menurunkan kadar kromium heksavalen (Cr(VI)) yang terkandung dalam air limbah. Adapun hasil efisiensi dari penurunan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



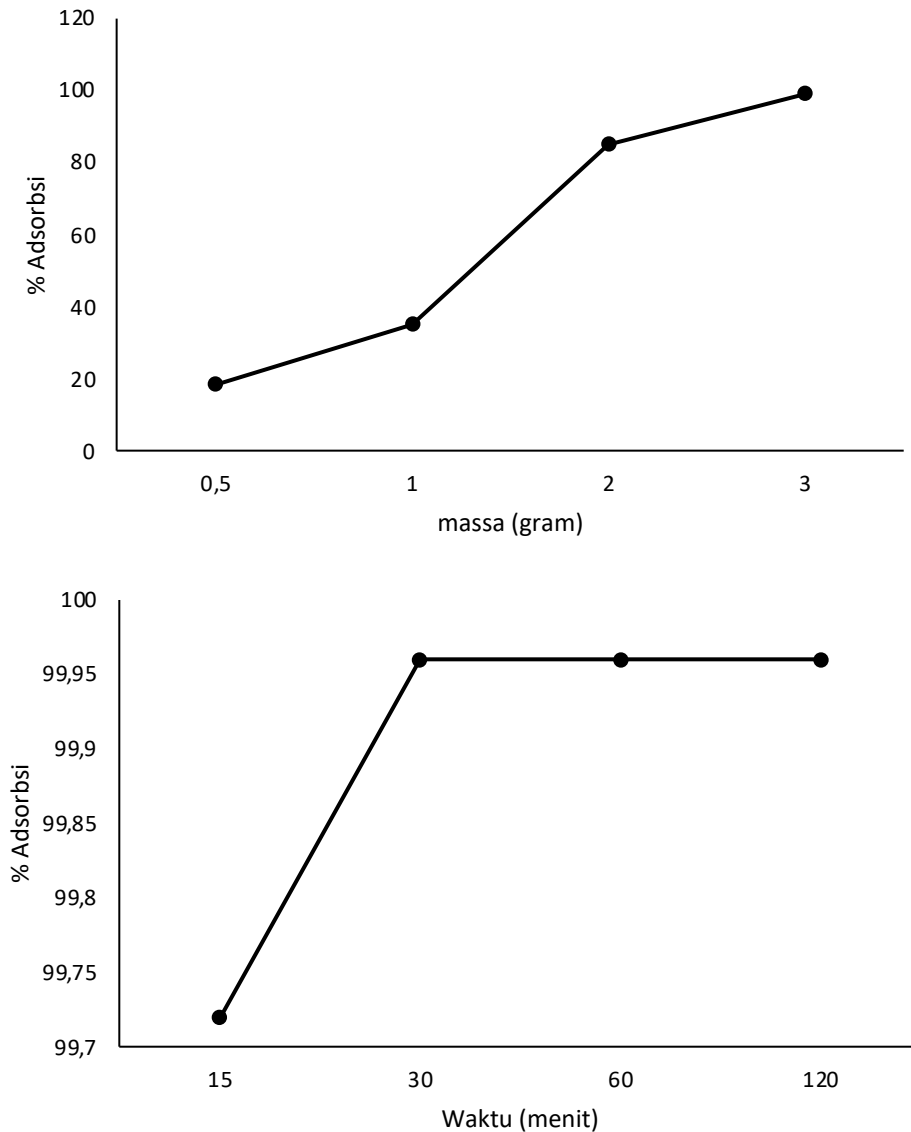
Gambar 2. Grafik hubungan antara % adsorpsi dan waktu kontak

Berdasarkan Gambar 3. % adsorpsi tertinggi ada pada perpaduan 1:1 adsorben sekam padi dan serbuk kayu sebesar 42,5%. Jika dibandingkan dengan kemampuan adsorben sekam padi yang mampu menurunkan kadar kromium heksavalen (Cr(VI)) pada air limbah sebesar 96,6 % dan adsorben serbuk kayu yang mampu menurunkan kadar kromium heksavalen (Cr(VI)) sebesar 85% maka hasil tersebut menunjukkan tren penurunan efektifitas adsorben hingga 40-50 %. Hal ini terjadi karena setiap jenis adsorben memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda, seperti ukuran pori, luas permukaan, dan gugus fungsional, yang mungkin tidak cocok atau bahkan saling mengganggu ketika digunakan bersama-sama [20]. Selain itu, adsorbat harus bersaing untuk menempati pori-pori aktif pada permukaan adsorben, yang bisa menyebabkan beberapa pori-pori aktif menjadi tidak terpakai atau tidak efisien. Akibatnya, luas permukaan yang tersedia untuk adsorpsi berkurang, dan efisiensi keseluruhan proses adsorpsi menurun [21]. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi beberapa adsorben tidak selalu menghasilkan peningkatan kinerja, melainkan bisa menyebabkan penurunan efisiensi karena dinamika interaksi yang kompleks dan kompetisi untuk pori-pori aktif.

Pengaruh massa adsorben serabut kelapa dan waktu kontak terhadap % adsorpsi

Beberapa hal yang mempengaruhi adsorpsi diantaranya luas permukaan adsorben, semakin luas permukaan suatu adsorben, maka akan semakin banyak pula zat yang teradsorpsi [11]. Luas permukaan adsorben harus sebanding dengan ketersediaan permukaan yang aktif (massa adsorben), apabila jumlah polutan tidak sebanding dengan luas permukaan kontak dan ketersediaan permukaan yang aktif maka adsorpsi tidak akan optimal begitu pula dengan waktu kontak dapat mempengaruhi penyerapan adsorben, dimana waktu kontak berbanding lurus dengan tingkat penyerapan dari sebuah adsorben [19] sehingga upaya optimasi perlu dilakukan.

Berdasarkan Gambar 3 terlihat tren peningkatan % adsorpsi terhadap penambahan massa adsorben, jumlah massa adsorben berbanding lurus dengan % adsorpsi, semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin besar luas permukaan kontak karena terdapat lebih banyak adsorben yang tersedia untuk berinteraksi dengan zat yang akan terjerap. Waktu kontak dengan gramasi tertinggi menunjukkan tren telah mencapai kesetimbangan adsorpsi pada 30 menit hingga variasi waktu terlama. Jumlah massa dan waktu kontak saling berkaitan karena keduanya mempengaruhi efektivitas proses adsorpsi secara simultan. Massa adsorben yang tepat memastikan ketersediaan permukaan aktif untuk adsorpsi sementara waktu kontak yang tepat memberikan cukup waktu zat dapat terjerap. Oleh karena itu, penggunaan massa adsorben yang sesuai dengan waktu kontak yang tepat akan memberikan hasil yang optimal dalam proses adsorpsi sehingga dapat menghindari pemborosan adsorben atau waktu yang tidak efisien.



Gambar 3. Massa adsorben dan waktu kontak terhadap % adsorpsi

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben serabut kelapa memiliki kemampuan adsorpsi terbaik dalam menurunkan kadar Kromium Heksavalen (Cr(VI)) dibandingkan dengan kombinasi adsorben sekam padi dan serbuk kayu. Kapasitas adsorpsi Cr(VI) menggunakan serabut kelapa mencapai lebih dari 95%. Kombinasi terbaik antara adsorben sekam padi dan serbuk kayu adalah perbandingan 1:1 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 42,5%. Jumlah massa adsorben berpengaruh terhadap efektivitas adsorpsi; semakin banyak adsorben yang digunakan, semakin tinggi kapasitas adsorpsinya. Massa adsorben terbaik adalah 3 gram dengan kapasitas adsorpsi mencapai 99%. Pemilihan waktu kontak yang sesuai dengan jumlah massa adsorben juga memengaruhi efisiensi adsorpsi, di mana waktu kontak optimum adalah 30 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusinya dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Natalina, N., & Firdaus, H. Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr6+) dalam Limbah Batik Menggunakan Limbah Udang (Kitosan). *Teknik*, 38(2), 99. 2018

- [2] Giacinta, M., Salimin, Z., & Junaidi. Pengolahan Logam Berat Krom (Cr) pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Proses Koagulasi dan Presipitasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 1–8. 2013
- [3] Saputro, S., Masykuri, M., Mahardiani, L., Mulyani, B., & Wahyuni, N. T. (2016). Kajian Adsorpsi Ion Logam Cr(Vi) Oleh Adsorben Kombinasi Arang Aktif Sekam Padi Dan Zeolit Menggunakan Metode Solid-Phase Spectrophotometry (SPS). *Jurnal Sains Dasar*, 5(2), 116.2016
- [4] Nurhasni, Hendrawati, & Saniyyah, N. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. *Jurnal Kimia Valensi*, 4(1), 36–44. 2014
- [5] Widowati, W., Sastiono, A., Rumampuk, R. J., & Rosari, R. W. Efek toksik logam : pencegahan dan penanggulangan pencemaran. Yogyakarta : Andi, 2008., 15–20. 2008
- [6] Worasuwannarak, N., Sonobe, T., & Tanthapanichakoon, W. Pyrolysis behaviors of rice straw, rice husk, and corncob by TG-MS technique. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 78(2), 265–271. 2007
- [7] Ramdja, A.F., M. Halim, J. Handi. “Pembuatan karbon aktif dari pelepah kelapa (Cocos nucifera)”. *Jurnal Teknik Kimia*. 2008.
- [8] Zulti, F., Dahlan, K., & Sugita, P. Adsorption of Waste Metal Cr(VI) With Composite Membranes (Chitosan-Silica Rice Husks). *Makara of Science Series*, 16(3), 163–168. 2013
- [9] Khuriati, A., E Komaruddin dan M. Nur. Disain peredam suara berbahan dasar sabut kelapa dan pengukuran koefisien penyerapan bunyinya. 2007
- [10] Sembiring, M. T., & Sinaga, T. S. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Digitized by USU Digital Library, 1–9. 2003
- [11] Zuhroh, Naelatuz. “Adsorpsi Krom (VI) oleh arang aktif serabut kelapa serta imobilisasinya sebagai campuran batako”. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Negeri Semarang. Semarang. 2015.
- [12] Wahyu Anggi Rizal, Ria Suryani, Satrio Krido Wahono, Muslih Anwar, Dwi Joko Prasetyo, rima Zuriah Amdani, Andri Suwanto, Ndaru Februanata. Pirolisis Limbah Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Campuran: Parameter Proses dan analisis Produk Asap Cair. *Indonesia Journal of Industrial research*. 2020
- [13] Yan Kondo dan Muhammad Arsyad. Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali. *INTEK Jurnal Penelitian*. 2018, Volume 5 (2): 94-97. 2018
- [14] Danarto, Y. C., & Samun, D. Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr(VI). *Ekuilibrum*, 7(Vi), 13–18.2008
- [15] Gupta, S., & Babu, B. V. Removal of toxic metal Cr(VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies. *Chemical Engineering Journal*, 150(2–3), 352–365. 2009
- [16] Riyanto, C. A., Raharjianti, B. M., & Aminu, R. Studi Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Ion Fe(III) dan Mn(II) pada Karbon Aktif Batang Eceng Gondok. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(1), 44–55. 2021
- [17] Halim, A., Romadon, J., & Yinal Achyar, M. Pembuatan Adsorben dari Sekam Padi Sebagai Penyerap Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam Air Limbah. *Jurnal SEOI-Universitas Sahid Jakarta*, 3(2), 66–74. 2021
- [18] Syauqiah I., Amalia M., & Kertini H. A. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.2011
- [19] Al-Ghouti, M. A., Khraisheh, M. A. M., Allen, S. J., & Ahmad, M. N. The Removal of Dyes from Textile Wastewater: A Study of The Physical Characteristics and Adsorption Mechanisms of Diatomaceous Earth. *Journal of Environmental Management*, 69(3), 229–238. 2003
- [20] Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. Utilization of Agro-Industrial and Municipal Waste Materials as Potential Adsorbents for Water Treatment—A Review. *Chemical Engineering Journal*, 157(2-3), 277-296. 2010