

Efektivitas Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Bioadsorben Biji Alpukat dan Kulit Durian dalam Menyisihkan Kromium Limbah Pencucian Sablon

Adinda Rahmatanti¹, Raden Kokoh Haryo Putro^{1*}

¹*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur*

^{*}*E-mail: radenkokoh.tl@upnjatim.ac.id*

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh menumpuknya limbah padat organik yang berasal dari kegiatan domestik manusia yang kemudian dimanfaatkan menjadi adsorben. Pembuatan adsorben pada penelitian ini menggunakan biji alpukat dan kulit durian yang diaktivasi dengan H_3PO_4 dan KOH. Adsorben yang telah selesai dibuat kemudian diuji diuji karakterisasinya sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang Karbon Aktif Teknis. Adsorbat yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah pencucian sablon dengan parameter kromium (Cr). Sebelum masuk ke dalam kolom adsorpsi, limbah cair melalui pengolahan koagulasi-flokulasi, dan sedimentasi terlebih dahulu untuk mengurangi kadar pencemar yang terkandung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas kombinasi pengolahan koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan bioadsorben dalam menyisihkan kromium (Cr) pada limbah pencucian sablon. Tujuan dari variasi pembuatan adsorben antara lain untuk mengetahui pengaruh media dan aktivator arang terhadap efektivitasnya dalam menyisihkan kromium (Cr) pada limbah pencucian sablon. Hasil analisis penelitian menunjukkan kromium (Cr) telah banyak tersisihkan pada proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi dengan nilai di bawah baku mutu. Pada adsorpsi, penyisihan kromium (Cr) paling besar dihasilkan oleh adsorben biji alpukat dan kulit durian teraktivasi KOH dengan konsentrasi akhir dibawah baku mutu.

Kata kunci: adsorpsi, flokulasi, koagulasi, sablon, sedimentasi

PENDAHULUAN

Sampah padat merupakan material padat hasil dari aktivitas manusia mulai dari domestik hingga industri. Sampah padat yang dihasilkan bervariasi mulai dari sisa makanan, plastik atau kertas bekas, dan potongan kayu. Kegiatan perdagangan bahan pangan di Indonesia sangat beragam, contohnya olahan makanan dari alpukat dan durian yang sangat digemari oleh masyarakat. Namun, yang diolah hanya daging buahnya saja, kulit dan bijinya langsung dibuang dan tidak dimanfaatkan oleh penjualnya, sehingga menambah tumpukan sampah yang mencemari lingkungan dan berpotensi menyumbat aliran

air sungai. Biji alpukat mengandung lignoselulosa, antara lain selulosa 5.47%, hemiselulosa 37.7%, dan lignin 20.1% (Parinding, dkk., 2021). Kulit durian juga mengandung selulosa 55.3% dan lignin 19.3% (Putra, dkk., 2024). Kedua limbah tersebut dimanfaatkan sebagai adsorben karbon aktif karena berpori dan mengandung berbagai senyawa organik antara lain selulosa, hemiselulosa, serta lignin (Lubis *et al.*, 2020). Selain limbah padat, volume limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan manusia juga cukup besar, salah satu kegiatan yang dapat menghasilkan limbah cair yaitu kegiatan sablon. Dalam proses produksinya terdapat proses pewarnaan, pembuatan film, dan plat prosesor (Atmono, dkk., 2017). Air sisa dari proses pencucian sablon perlu diolah karena dapat membahayakan lingkungan jika langsung dibuang ke badan air, karena mengandung alkohol dan ester pada tinta sablon yang terkandung dalam limbah pencucian sablon (Aydemir & Ozsoy, 2020). Oleh karena itu, mengetahui latar belakang diatas, penulis melakukan penelitian menggunakan rangkaian proses koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan adsorpsi. Koagulasi menggunakan koagulan untuk mengikat bahan pencemar dan menggabungkannya menjadi flok-flok halus. Setelah itu, flok-flok halus tersebut saling mengikat dan membentuk flok-flok besar yang mengendap sebagai sedimen (Ayni & Ningsih, 2021). Kemudian masuk ke proses adsorpsi menggunakan berbagai macam media alami dengan tujuan untuk memanfaatkan berbagai bahan alam sebagai adsorben dalam menyisihkan kromium (Cr) yang terkandung dalam limbah pencucian sablon.

METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dari tahap persiapan meliputi pengambilan sampel dan menyiapkan alat serta bahan. Sampel diambil dari industri sablon rumahan untuk kemudian dilakukan pengujian kadar awal kromium (Cr). Pengujian kadar kromium (Cr) menggunakan AAS berdasarkan SNI Air dan air limbah – bagian 17: cara uji krom total (Cr-T) secara spektrofotometri serapan atom (SSA) – nyala. Adsorben dibuat dengan menggunakan 2 jenis media alam yaitu biji alpukat dan kulit durian yang diaktivasi menggunakan dua macam aktivator yaitu asam fosfat H_3PO_4 dan kalium hidroksida (KOH). Aktivator memiliki sifat higroskopis yang terbukti dapat meningkatkan kualitas adsorben karbon aktif (Nandari, dkk., 2024).

Pembuatan Arang Aktif

Limbah biji alpukat dan kulit durian yang telah dibersihkan dipotong-potong sepanjang 3 cm. Setelah itu kedua media tersebut dikemasukkan ke dalam furnace hingga menjadi arang. Kemudian arang diayak hingga berukuran 100 mesh. Hasil saringan kemudian diaktivasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) 10% dan kalium hidroksida (KOH) 10% dengan perbandingan 1:1 selama 21 jam. Selanjutnya arang aktif tersebut dicuci menggunakan akuades hingga pH-nya netral. Setelah itu, arang dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam dan siap digunakan. Tabel 1 menampilkan empat jenis bioadsorben yang dihasilkan dari variasi media dan aktivator yang digunakan.

Tabel 1. Variasi Pembuatan Bioadsorben

Variasi Pembuatan		Kode Sampel
Media	Aktivator	
Biji alpukat (A1)	H_3PO_4 (B1)	A1B1
		A1B2
Kulit durian (A2)	KOH (B2)	A2B1
		A2B2

Keterangan:

A1B1 = Bioadsorben yang terbuat dari biji alpukat dan diaktivasi oleh asam fosfat (H_3PO_4)

A1B2 = Bioadsorben yang terbuat dari biji alpukat dan diaktivasi oleh kalium hidroksida (KOH)

A2B1 = Bioadsorben yang terbuat dari kulit durian dan diaktivasi oleh asam fosfat (H_3PO_4)

A2B2 = Bioadsorben yang terbuat dari kulit durian dan diaktivasi oleh kalium hidroksida (KOH)



Gambar 1. Arang Aktif.

Karakterisasi Syarat Mutu Arang Aktif

Setelah bioadsorben dibuat, kemudian diuji karakterisasinya sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang karbon aktif teknis.

Kadar Air

Bioadsorben sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam cawan porselin kosong yang telah ditimbang massanya. Lalu, dikeringkan ke dalam oven yang suhunya diatur menjadi 105°C, tunggu selama 3 jam. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator untuk didinginkan selama 15 menit, setelah itu massanya ditimbang. Berikut rumus menghitung kadar air yang terkandung (Federation, 1986):

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B-F}{B-G} \times 100\%$$

Keterangan:

B = Massa cawan dan arang (g)

F = Massa cawan dan arang setelah pengeringan (g)

G = Massa cawan (g)

Kadar Abu

Bioadsorben sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam cawan porselin kosong yang telah ditimbang. Lalu, dipanaskan menggunakan *furnace* dan suhunya diatur menjadi 600°C, tunggu selama 3 jam. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator untuk didinginkan selama 15 menit, setelah itu ditimbang massanya. Berikut rumus menghitung kadar abu yang terkandung (Federation, 1986):

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{F-G}{B-G} \times 100\%$$

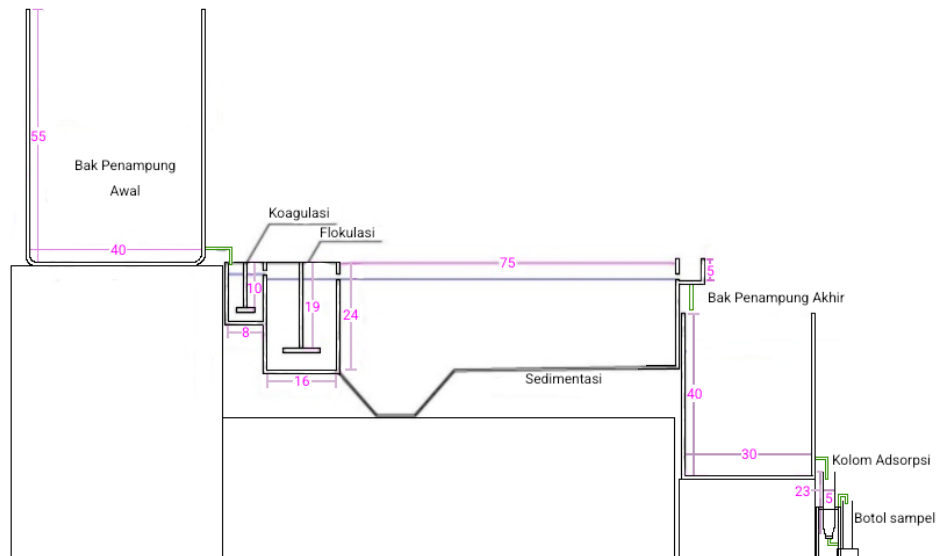
Keterangan:

B = Massa cawan dan abu (g)

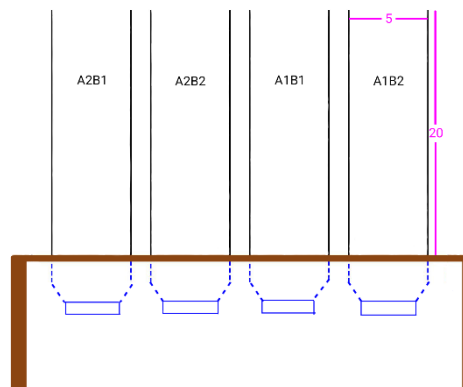
F = Massa cawan dan abu setelah ditanur (g)

G = Massa cawan (g)

Pengolahan Limbah Pencucian Sablon



Gambar 2. Reaktor Koagulasi-Flokulasi, Sedimentasi, dan Adsorpsi.



Gambar 3. Kolom Adsorpsi.

Proses diawali dengan mengalirkan limbah cucian sablon pada bak penampung awal dengan debit 0.5 L/menit menuju bak koagulasi. Proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi secara kontinyu dengan debit 0.5 L/menit. Sampel koagulasi-flokulasi dan sedimentasi diambil pada menit ke-30 di outlet bak penampung akhir yang berasal dari bak sedimentasi. Setelah itu, limbah cair masuk ke kolom adsorpsi untuk diproses. Setiap kolom adsorpsi diisi dengan masing-masing adsorben sebanyak 10 g. Kolom adsorpsi berbentuk tabung dengan waktu kontak 5 menit. Air dari kolom adsorpsi dialirkan dengan menggunakan selang kecil. Pada penelitian ini sampel air yang diperoleh dilakukan pengujian terhadap konsentrasi kromium (Cr) untuk melihat efektivitas masing-masing bioadsorben.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyisihan Zat Pencemar pada Kombinasi Koagulasi-Flokulasi, Sedimentasi, dan Adsorpsi

Penyisihan kromium (Cr) limbah pencucian sablon pada kombinasi pengolahan koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan adsorpsi dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

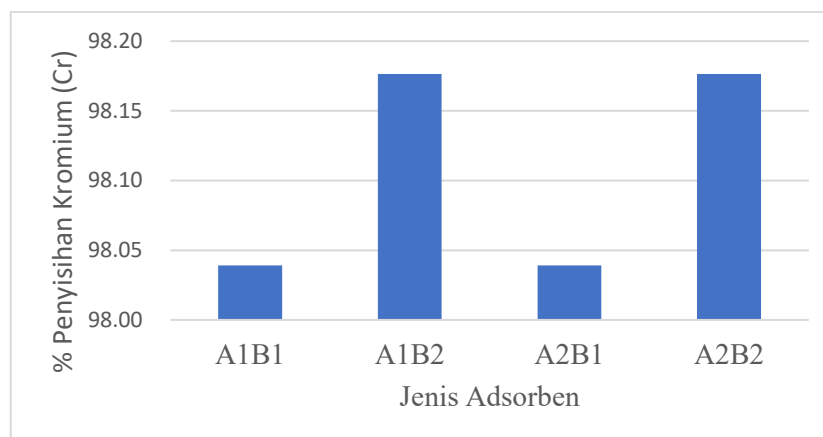
Tabel 2. Penyisihan Kromium (Cr) pada Proses Koagulasi-Flokulasi dan Sedimentasi

Parameter	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	% Penyisihan	Baku Mutu	Unit	Lokasi Sampling
Kromium (Cr)	1.02	0.052	94.9	0.5	mg/L	Bak penampung akhir

Pada proses koagulasi-flokulasi, koagulasi diatur dengan kecepatan 150 rpm selama 1 menit. Koagulan yang digunakan pada penelitian ini adalah *poly aluminium chloride* (PAC) untuk membentuk flok halus. Limbah cair kemudian masuk ke proses flokulasi yang dilakukan dengan kecepatan 30 rpm selama 10 menit, dimana gumpalan-gumpalan tercampur secara perlahan dan membentuk gumpalan yang lebih besar yang disebut flokulan. Setelah itu, limbah cair dialirkan ke bak sedimentasi untuk diendapkan dengan waktu detensi 75 menit. Kemudian limbah cair keluar dari bak sedimentasi dengan debit 0.5 L/menit melalui saluran pembuangan. Limbah cair hasil sedimentasi kemudian diuji kadar akhirnya di bak penampung akhir. Pada Tabel 2 diatas, berdasarkan konsentrasi kromium (Cr) pada influent awal pengolahan, dapat dilihat bahwa penyisihan kromium (Cr) pada proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi yaitu sebesar 94.9% dengan konsentrasi kromium (Cr) sebesar 0.052 mg/L, dimana nilai ini sudah dibawah baku mutu yang telah diatur pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 baku mutu bagi kegiatan industri lain golongan 1.

Tabel 3. Penyisihan Kromium (Cr) pada Proses Adsorpsi

Jenis Adsorben	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	% Penyisihan	Baku Mutu (mg/L)
A1B1	0.052	0.02	61.54	0.5
A1B2		0.0186	64.23	
A2B1		0.02	61.54	
A2B2		0.0186	64.23	

**Gambar 4.** Penyisihan Kromium (Cr).

Pada grafik diatas, berdasarkan konsentrasi kromium (Cr) pada influent kolom adsorpsi dapat dilihat bahwa penyisihan kromium (Cr) yang paling optimal terdapat pada bioadsorben biji alpukat dan kulit durian teraktivasi KOH (A1B2 dan A2B2) yaitu 64.23%, dengan konsentrasi kromium (Cr) sebesar 0.0186 mg/L.

Tabel 4. Penyisihan Kromium (Cr) pada Kombinasi Koagulasi-Flokulasi, Sedimentasi, dan Adsorpsi

Konsentrasi Awal Influent Pengolahan (mg/L)	Konsentrasi Akhir Effluent Sedimentasi (mg/L)	% Penyisihan Koagulasi-Flokulasi dan Sedimentasi	Jenis Bio-adsorben	Konsentrasi Akhir Effluent Adsorpsi (mg/L)	% Penyisihan Kolom Adsorpsi	% Total Penyisihan
1.02	0.052	94.9	A1B1	0.02	3.14	98.04
			A1B2	0.0186	3.27	98.18
			A2B1	0.02	3.14	98.04
			A2B2	0.0186	3.27	98.18

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa total penyisihan kromium (Cr) limbah cair pencucian sablon menggunakan kombinasi pengolahan koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan adsorpsi menghasilkan penyisihan paling besar yaitu sebesar 98.18% yang dihasilkan oleh bioadsorben biji alpukat dan kulit durian teraktivasi kalium hidroksida (KOH). Nilai total penyisihan tersebut didapatkan dari jumlah persen penyisihan kromium (Cr) pada pengolahan koagulasi-flokulasi dan sedimentasi dengan penyisihan kromium (Cr) pada pengolahan adsorpsi. Berdasarkan konsentrasi awal influent pengolahan, penyisihan kromium (Cr) pada proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi sebesar 94.9%, kemudian penyisihan kromium (Cr) pada proses adsorpsi sebesar 3.27% dengan konsentrasi akhir kromium (Cr) pada bak penampung akhir sebesar 0.0186 mg/L.

Penyisihan efektif pada proses koagulasi-flokulasi dikarenakan ketika PAC ditambahkan ke dalam air limbah yang memiliki pH netral menuju basa, terjadi hidrolisis PAC menjadi $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang merupakan koagulan sekunder in situ dan menjadi inti pembentukan flok. Saat PAC ditambahkan dalam jumlah yang tepat, $\text{Al}(\text{OH})_3$ akan mengendap di dalam air dan membentuk Al^{3+} , yang berarti bahwa PAC memiliki lebih dari satu logam Al sehingga muatannya positif. Banyaknya muatan positif tersebut semakin baik dalam menarik muatan negatif pada kromium yang berbentuk koloid, sehingga terjadi netralisasi muatan karena gaya tolak elektrostatis kromium berkurang dan gaya Van Der Waals menjadi lebih dominan, proses tersebut menyebabkan partikel mendekat dan menggumpal sehingga membentuk flok (Matyoszhov, 2022). Flok halus yang telah terbentuk masuk ke dalam proses flokulasi dan saling bergabung membentuk flok besar. Flok besar yang telah terbentuk melalui flokulasi tersebut mengendap secara gravitasi pada sedimentasi. Kemudian pada proses adsorpsi menggunakan bioadsorben, efektivitas keempat jenis adsorben dalam menyisihkan kromium (Cr) termasuk rendah. Hal tersebut dikarenakan kromium (Cr) telah banyak tersisihkan di tahap koagulasi-flokulasi dan sedimentasi dengan persen penyisihan sebesar 94.9%, sehingga kadar kromium (Cr) yang selanjutnya masuk ke kolom adsorpsi sudah rendah, karena pada sebagian besar adsorpsi, efisiensi adsorpsi semakin meningkat saat konsentrasi air limbah meningkat (Adilaksono, dkk., 2023).

KESIMPULAN

Kombinasi koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan adsorpsi mampu menyisihkan kromium (Cr) hingga 98.18%, dengan konsentrasi akhir 0.0186 mg/L, yang berada di bawah baku mutu 0.5 mg/L. Proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi terbukti sangat efektif dalam menurunkan kadar Cr, sehingga saat memasuki tahap adsorpsi, konsentrasinya sudah sangat rendah. Hal ini menyebabkan daya adsorpsi bioadsorben terlihat rendah, bukan karena ketidakmampuan bioadsorben, melainkan karena ketersediaan Cr yang tersisa sudah minimal.

DAFTAR PUSTAKA

Adilaksono, R. A., Wijayanti, E., dan Putero, S. H. 2023. *Pengaruh Konsentrasi Awal dan Laju Alir Limbah Cesium terhadap Kemampuan Adsorpsi HKUST-1 menggunakan Metode Alir*. Skripsi.

- Universitas Gadjah Mada.
- Atmono, A., Natalina, N., dan Mukti, A.M., 2017. *Pengaruh Arang Aktif dan Zeolit Sebagai Media Adsorben dalam Penurunan Kadar Logam Krom Pada Air Limbah Cair Penyablonan Pakaian*. Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains. 1(1).
- Aydemir, C., dan Ayhan Özsoy, S. 2020. *Environmental Impact of Printing Inks and Printing Process*. Journal of Graphic Engineering and Design. 11(2): 11–18.
- Ayni, L.N., dan Ningsih, E., 2021. *Pengolahan Limbah Cair Tekstil dengan Menggunakan Koagulan FeCl₃*. Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I (SENASTITAN I). 320-377.
- Federation, E.C.O.C.M., 1986. *Test Method for Activated Carbon*. European Council of Chemical Manufactures' Federation.
- Lubis, R.A.F., Nasution, H. I., dan Zubir, M., 2020. *Production of Activated Carbon From Natural Sources For Water Purification*. Indonesian Journal of Chemical Science and Technology. 3(2): 67-73.
- Matyoszhov, D.V., 2022. *War and Peace between Electrostatic and Van der Waals Forces Regulate Translational and Rotational Diffusion*. J Chem Phys. 157(8): 1-13.
- Nandari, W.W., Zabrina, N., dan Sitta, M.P., 2024. *Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Aktivator Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa*. Jurnal Kimia dan Rekayasa. 4(2): 71-77.
- Parinding, Y.R., Suryanto, E., dan Momuat, L.I.. 2021. *Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan Serat Pangan dari Tepung Biji Alpukat (Persea americana M.I.)*. Chemistry Progress. 14(1).
- Putra, R., Yerizam, M., dan Yuliati, S., 2024. *Pretreatment Delignifikasi Limbah Kulit Durian Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol*. Jurnal Daur Lingkungan. 7(2).