

SINTESIS NANOKOMPOSIT γ - Al_2O_3 - Fe_2O_3 UNTUK ADSORPSI LOGAM Cr(VI)

Rika Rahmawati¹ dan Dede Suhendar^{1*}

¹Jurusan Kimia, FST UIN Sunan Gunung Djati, Jl. A.H. Nasution No. 105, Bandung 40614

* Alamat e-mail korespondensi: dede.suhendar@uinsgd.ac.id

Abstrak

Penanganan limbah yang mengandung logam berat sering kali memerlukan biaya yang tidak murah. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis adsorben berskala nanometer berbahan murah dan metode sintesis dan uji aplikasinya yang sangat sederhana, yakni nanokomposit γ - Al_2O_3 - Fe_2O_3 untuk adsorben Cr(VI). Larutan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dicampur dengan larutan amoniak sampai pH 4, kemudian ke dalamnya dicampurkan sukrosa dan FeCl_3 sampai homogen (perbandingan mol $\text{Al}(\text{OH})_3$: 0,25 FeCl_3 : 0,33). Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 120 °C sambil pengadukan sampai volumenya menjadi sekitar 2/3-nya, kemudian dipanaskan kembali pada 200 °C selama 24 jam. Padatan berbentuk butiran-butiran berwarna coklat yang dihasilkan kemudian digerus halus dan dicampur dengan kerosen secara homogen. Campuran diuapkan sampai kerosen habis. Serbuk halus berwarna coklat yang dihasilkan kemudian dikalsinasi pada suhu 800 °C selama 4 jam. Berdasarkan hasil analisis XRD diperoleh bahwa sintesis tersebut menghasilkan produk campuran yang didominasi fasa γ - Al_2O_3 dengan kristalinitas rendah yang menunjukkan terbentuknya nanokomposit. Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ telah digunakan sebagai model larutan yang mengandung Cr(VI) untuk pengujian sifat adsorben nanokomposit tersebut. 2 gram nanokomposit diaduk dengan larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dengan konsentrasi Cr(VI) 56,7 ppm pada suasana asam (pH 2) sebanyak 50 mL pada variasi waktu 1 – 24 jam. Hasil kontak menunjukkan bahwa lamanya waktu kontak tidak memberikan perbedaan yang signifikan namun secara keseluruhan diperoleh rata-rata adsorpsi Cr(VI) sekitar 82,5% setelah pengadukan awal selama 1 jam. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa nanokomposit γ - Al_2O_3 - Fe_2O_3 sangat efektif dan efisien sebagai adsorben zat pencemar Cr(VI) karena biaya bahan dan sintesisnya sangat murah, sifat mengadsorpsinya cepat, dan mengadsorpsi cukup banyak Cr(VI).

Kata kunci: alumina, besi oksida, nanokomposit, adsorpsi, Cr(VI)

I. Pendahuluan

Salah satu logam berat yang banyak ditemukan di perairan sebagai pencemar adalah kromium (Cr). Limbah logam ini biasanya berasal dari industri pelapisan logam, industri cat/pigmen, industri penyamakan kulit, tekstil, dan lain-lain [1]. Logam ini memiliki efek toksik pada kesehatan. Jika kontak dengan kulit dapat

menyebabkan iritasi dan jika tertelan dapat menyebabkan sakit perut dan muntah-muntah. Selain itu, kromium juga bersifat karsinogen bagi tubuh [2]. Daya toksik kromium bergantung pada valensi ionnya. Ion Cr(VI) adalah bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya karena Cr(VI) yang sangat toksik, korosif dan karsinogenik [3]. Di lain pihak, Cr(III), meskipun cukup berbahaya namun memiliki

efek toksik yang jauh lebih kecil dibandingkan Cr(VI). Efek-efek negatif inilah yang perlu diwaspadai dari limbah yang mengandung logam kromium.

Pengolahan limbah logam berat kromium sudah banyak dilakukan sebagai upaya mengurangi bahaya limbah terhadap kesehatan. Pengolahan limbah logam berat kromium yang telah dilakukan antara lain dengan penambahan adsorben seperti zeolit dan bahan organik [4, 5, 6], reduksi menggunakan bahan kimia [7, 8], serta reaksi fotokatalisis [9, 10].

Penanganan limbah yang pernah dilakukan tersebut memiliki kelemahan dalam hal waktu reaksi. Pada umumnya penanganan tersebut memerlukan waktu reaksi yang relatif lama. Penanganan limbah yang cepat dan efektif dalam mengurangi konsentrasi logam berat dalam limbah industri sangat diperlukan, oleh karena itu perlu disintesis bahan yang dapat mengolah limbah dalam waktu yang relatif singkat.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat reaksi adalah dengan memperluas bidang permukaan. Penggunaan material berukuran nanometer dapat menjadi salah satu alternatif bahan untuk penanganan limbah. Permukaan partikel berukuran nano sangat luas sehingga sangat baik diaplikasikan sebagai adsorben. Adsorpsi molekul-molekul akan bekerja dengan baik pada adsorben yang memiliki luas permukaan yang luas karena akan

memperbanyak molekul adsorbat yang terjerap.

Dalam penelitian ini disintesis nanokomposit berbahan dasar alumina dan besi oksida. Selain itu, ditambahkan bahan organik yang digunakan sebagai *template* (cetakan) dalam pembentukan pori. Pembentukan pori yang sangat kecil dapat memperluas bidang permukaan dan memberikan fungsi lain pada komposit yang disintesis [5]. Penambahan bahan organik juga dapat membantu mencegah aglomerasi molekul-molekul alumina sehingga diperoleh komposit dengan ukuran nanometer [11].

Banyak bahan organik yang dapat digunakan sebagai *template*, namun dalam penelitian ini dipilih sukrosa. Sukrosa selain mudah diperoleh, harganya murah, juga memiliki titik lebur yang relatif rendah yaitu 186 °C yang bermanfaat saat kalsinasi produk berlangsung.

Limbah kromium(VI) perlu mendapatkan penanganan karena dapat mencemari perairan dan tanah. Di alam, ada dua bentuk oksida kromium yang banyak ditemukan, yaitu Cr(III) dan Cr(VI). Hal yang unik adalah perbedaan sifat dari kedua bentuk logam ini. Cr(VI) merupakan bahan yang bersifat karsinogenik sementara Cr(III) tidak. Tingkat toksisitas Cr(III) hanya sekitar 1/100 kali Cr(VI). Bahkan dari penelitian lebih lanjut, ternyata Cr(III) merupakan suatu jenis nutrisi yang

dibutuhkan tubuh manusia dengan kadar sekitar 50-200 $\mu\text{g}/\text{hari}$ [1].

II. Metode Penelitian

Peralatan, Bahan, dan Instrumentasi

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: neraca analitik, pengaduk magnet, oven listrik, tanur, dan peralatan gelas. Sementara bahan yang diperlukan yaitu padatan $\text{Al}(\text{OH})_3$, padatan FeCl_3 , NH_4OH , sukrosa, kerosen (minyak tanah), kristal $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HCl 0,5 M, dan akuades. Karakterisasi serbuk hasil sintesis menggunakan Difraktometer Sinar-X Philips PW 1835 dan pemeriksaan konsentrasi logam kromium sebelum dan setelah adsorpsi menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom Varian AA240FS.

Prosedur

Preparasi bahan sintesis meliputi reparasi larutan aluminium hidroksida, larutan besi(III) klorida, dan larutan sukrosa. Pertama, ditimbang 23,4 g padatan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan dilarutkan dalam 100 mL akuades. Kedua, ditimbang 1,17 g FeCl_3 dan dilarutkan dalam 20 mL akuades. Ketiga, ditimbang 4,1 g kristal sukrosa dan dilarutkan dalam 20 mL akuades. Selanjutnya dibuat larutan model kandungan $\text{Cr}(\text{VI})$ menggunakan larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dengan cara menimbang sebanyak

0,2829 g kristal $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan dilarutkan dalam 1000 mL akuades. Larutan ini merupakan larutan induk Cr dengan perkiraan konsentrasi 100 ppm. Larutan model dibuat dengan mengambil 300 mL larutan induk kemudian diencerkan dalam labu 1000 mL. kemudian, larutan HCl 0,5 M ditambahkan ke dalam larutan kalium dikromat tersebut sebanyak 10 mL untuk memberikan suasana asam hingga terbentuk larutan dengan pH 2. Konsentrasi riil dari $\text{Cr}(\text{VI})$ ditentukan dengan menggunakan spektroskop serapan atom.

Sintesis nanokomposit dimulai dengan menambahkan larutan amoniak ke dalam larutan aluminium hidroksida hingga campuran mencapai pH 4. Kemudian ke dalam campuran ditambahkan larutan besi(III) klorida dan sukrosa. Campuran ini diasuk menggunakan pengaduk magnet hingga terbentuk campuran homogen. Campuran didiamkan selama 15 menit hingga terbentuk endapan berwarna coklat muda, kemudian dipanaskan hingga volumenya berkurang $\frac{2}{3}$ volume awal sambil terus diaduk. Setelah itu, campuran dituangkan ke dalam cawan porselen untuk proses pengarangan, lalu dimasukkan ke dalam oven dan dipanaskan pada $200\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Hasil dari proses tersebut selanjutnya dihaluskan kemudian ditambahkan kerosen (minyak tanah) untuk mempercepat proses penghomogenan. Campuran tersebut selanjutnya dikeringkan

dalam oven pengering hingga semua pelarut menguap dan terbentuk serbuk halus. Serbuk hasil pengeringan dikalsinasi dalam tanur pada suhu 800 °C selama 4 jam.

Selanjutnya, untuk karakterisasi produk disiapkan sampel serbuk nanokomposit yang telah disintesis dengan menggunakan XRD. Difraktogram dianalisis untuk mengetahui ukuran dan fasa kristal hasil sintesis berdasarkan puncak-puncak yang terlihat dan dicocokkan dengan JCPDS.

Langkah berikutnya adalah pengujian adsorpsi produk sintesis terhadap larutan kromium(VI). Diambil 50 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ yang sudah disiapkan sebelumnya dan dimasukkan ke dalam 6 gelas kimia 150 mL. Kemudian masing-masing ke dalamnya ditambahkan 0,2 g produk sintesis $Al_2O_3-Fe_2O_3$. Larutan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 60 menit pada suhu 25° C. Larutan yang telah diaduk didiamkan dengan variasi waktu 1, 5, 10, 15, 20, dan 24 jam. Masing-masing larutan diperiksa menggunakan Spektrometer Serapan Atom untuk mengetahui perubahan konsentrasinya sebelum dan sesudah pencampuran.

III. Hasil dan Pembahasan

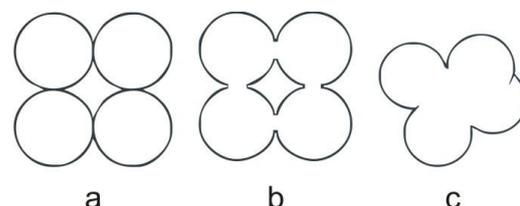
Sintesis

Dalam penelitian ini, nanokomposit disintesis menggunakan metode sol gel.

Metode ini dinamakan sol gel karena diawali dengan pencampuran semua bahan hingga membentuk campuran yang disebut sol. Proses selanjutnya adalah pemanasan sekaligus penghomogenan campuran hingga terbentuk gel. Gel inilah yang akan dikalsinasi dan dibentuk material baru berupa nanokomposit $Al_2O_3-Fe_2O_3$.

Pembuatan material berukuran nanometer perlu penanganan yang benar karena jika salah ditangani, kemungkinan material yang dihasilkan berukuran lebih besar dari yang diharapkan. Hal ini terjadi karena selama proses dekomposisi prekursor, akan terjadi pertumbuhan butir/ukuran material seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 1**. Pertumbuhan butir ini terjadi akibat adanya difusi antar butir dalam material. Dalam bahan keramik, proses *sintering* akan menyebabkan peningkatan densitas, pengurangan pori, dan pertumbuhan butir. Akibatnya material keramik akan semakin padat [12].

Dalam pembuatan nanokomposit berbahan dasar keramik, pertumbuhan butir



Gambar 1 Mekanisme pertumbuhan butir (a) butiran pada suhu kamar; (b) butiran pada suhu tinggi, atom-atom mulai berdifusi; (c) butiran pada suhu sangat tinggi, terjadi penggabungan butir. [13]

harus dihindari agar terbentuk kristal yang sangat halus. Pertumbuhan butir dan pengurangan pori kurang menguntungkan untuk tujuan sintesis komposit sebagai adsorben. Molekul-molekul adsorbat akan sedikit yang menempel pada permukaan adsorben karena pori yang semakin jarang, akibatnya proses adsorpsi tidak akan optimal. Pertumbuhan butir berbanding lurus dengan pengurangan pori selama proses pembakaran. Oleh karena itu, untuk meningkatkan luas permukaan material perlu dilakukan penurunan ukuran partikel atau menghambat pertumbuhan butir. Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan substansi yang dapat membentuk ruangan atau “kamar kosong” seperti pada zeolit, dimana atom atau molekul-molekul kecil dapat masuk-keluar bergantung pada kondisi lingkungan [14].

Untuk penanganan hal ini, sebuah bahan organik telah ditambahkan (dalam penelitian ini digunakan sukrosa). Molekul-molekul sukrosa berfungsi sebagai *template* yang menyediakan ruangan-ruangan kecil sebagai pori setelah proses kalsinasi dilakukan. Sukrosa yang ditambahkan akan terdistribusi dan terikat di permukaan aluminium melalui ikatan hidrogen antara gugus -OH yang berasal dari molekul sukrosa dengan gugus -OH yang terikat secara ionik pada Al^{3+} . Distribusi kompleks ini akan memperlebar jarak ikatan antar Al-O sehingga penggabungan molekul

berikatan Al-O satu dengan yang lainnya dapat diperlambat. Jauhnya jarak antara molekul-molekul Al-O dapat mencegah aglomerasi selama proses sintesis dan mengendalikan pertumbuhan kristal.

Pembentukan Al_2O_3 diawali dengan pembentukan boehmit dan selama pemanasan akan bertransformasi menjadi fasa metastabil (γ - δ - θ - Al_2O_3) dan akhirnya terjadi kristalisasi secara termodinamika membentuk α - Al_2O_3 yang stabil [35]. Penambahan sukrosa ke dalam campuran akan berikatan dengan fasa awal alumina yakni boehmit ($AlO(OH)$). Sukrosa memiliki ikatan hidroksil dalam struktur molekulnya yang dapat berikatan pada permukaan boehmit. Hasil reaksi ini diperkirakan membentuk kompleks (aluminium-sukronat).

Pemanasan awal yang dilakukan pada suhu 200 °C bertujuan untuk mendegradasi sukrosa. Suhu ini lebih tinggi dari suhu dekomposisi sukrosa yaitu 186 °C. Hasil pemanasan ini terbentuk butiran berwarna coklat seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Hal ini menunjukkan prekursor yang diselimuti oleh molekul-molekul karbon hasil dekomposisi molekul sukrosa. Setelah dikalsinasi serbuk berubah warna menjadi abu tua seperti terlihat pada **Gambar 3**.

Kalsinasi nanokomposit dilakukan pada temperatur 800 °C dengan tujuan terbentuknya fasa gamma pada alumina.



(a)



(b)



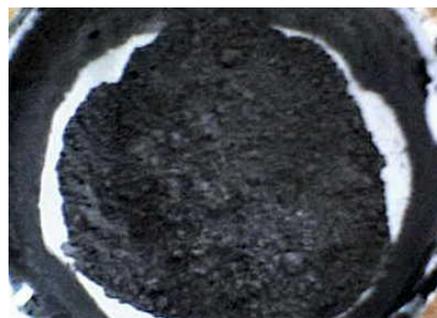
(c)

Gambar 2 Butiran hasil pemanasan pada 200 °C. (a) bongkahan sebelum digerus; (b) campuran setelah digerus dan ditambahkan pelarut kerosen; (c) serbuk setelah penguapan pelarut

Fasa γ -Al₂O₃ merupakan senyawa yang lebih reaktif dibandingkan α -Al₂O₃. γ -Al₂O₃ merupakan bahan keramik yang berpori sehingga banyak digunakan sebagai katalis, adsorben, konduktor ionik, penyaring membran, pelapis, dan penyekat aerogel [15].

Analisis Difraksi Sinar-X

Serbuk hasil sintesis selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD untuk



Gambar 3 Serbuk hasil kalsinasi pada 800 °C

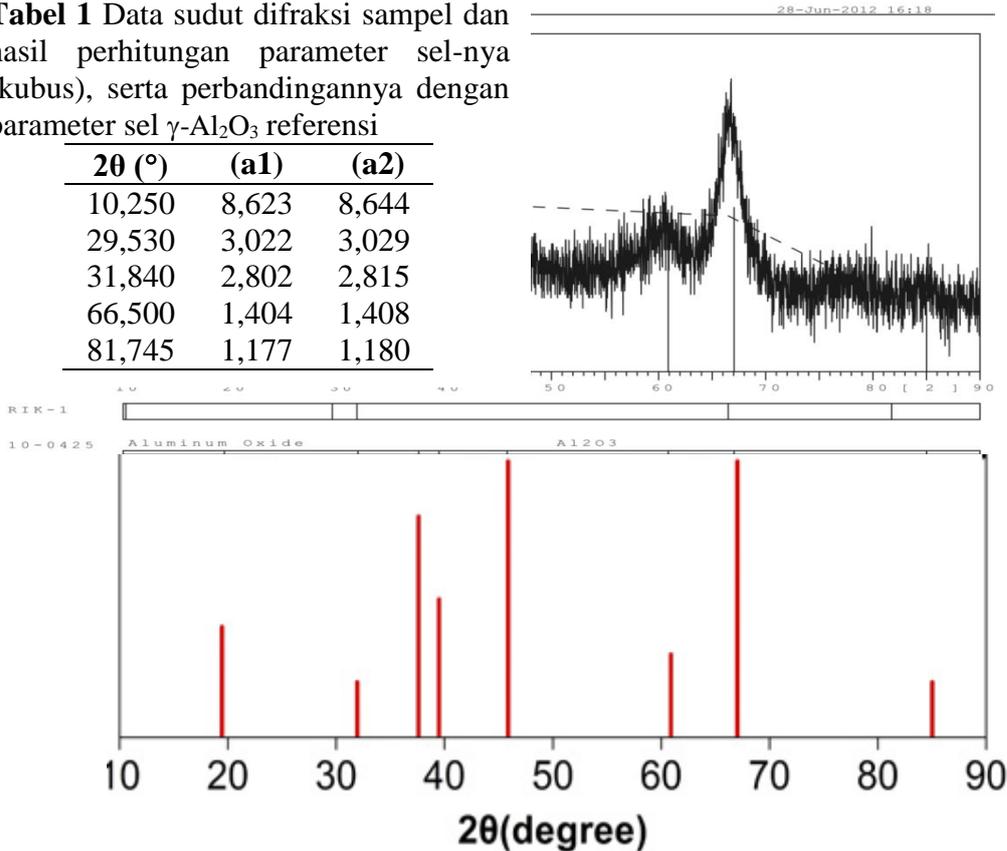
mengetahui fasa kristal yang terbentuk, hasilnya diperlihatkan pada **Gambar 4** (atas). Pola difraksi nanokomposit ini dapat dibandingkan dengan pola difraksi dari γ -Al₂O₃ (gambar bawah) menurut data dari JCPDS. Kemiripan pola difraksi ini dapat dilihat lebih jelas berdasarkan hasil tabulasi letak-letak sudut difraksi yang disajikan pada **Tabel 1**.

Penentuan ukuran kristalit dilakukan dengan mengolah data hasil XRD menggunakan *software xpowder*. Dari hasil pengolahan data diperoleh informasi ukuran kristalit yang terbentuk yaitu 3 nm.

Ukuran yang sangat kecil ini dapat disebabkan dari penambahan sukrosa sebagai *template* bahan organik yang memberikan jarak antar Al-O yang terbentuk. Renggangnya jarak Al-O satu dengan yang lain menjadikan tidak terjadi aglomerasi makroskopis. Penambahan sukrosa ini sangat menentukan ukuran kristalit yang terbentuk karena pada suhu kalsinasi yang cukup tinggi yakni 800 °C dapat meningkatkan kerapatan dan ukuran

Tabel 1 Data sudut difraksi sampel dan hasil perhitungan parameter sel-nya (kubus), serta perbandingannya dengan parameter sel γ -Al₂O₃ referensi

2θ (°)	(a1)	(a2)
10,250	8,623	8,644
29,530	3,022	3,029
31,840	2,802	2,815
66,500	1,404	1,408
81,745	1,177	1,180



Gambar 4 Pola spektrum difraksi sinar-X serbuk dari nanokomposit Al₂O₃-Fe₂O₃ hasil sintesis (gambar atas) dan perbandingannya dengan pola difraksi sinar-X γ -Al₂O₃ berdasarkan berdasarkan JCPDS No. 10-0425 (gambar bawah) [16]

bahan akibat dari energi yang mendorong penggabungan molekul-molekul selama proses pemanasan. Dari hasil XRD terlihat hanya puncak-puncak alumina yang memiliki intensitas tinggi, sementara Fe₂O₃ tidak terlalu terlihat dan cenderung berbentuk amorf. Hal ini kemungkinan terjadi karena suhu pembentukan Fe₂O₃ cukup rendah baik untuk fasa γ -Fe₂O₃ maupun fasa α -Fe₂O₃. Fasa γ -Fe₂O₃ terbentuk pada suhu sintesis 200 °C dan α -Fe₂O₃ terbentuk pada suhu sintesis 400-600 °C [37]. Fe₂O₃ yang terdeteksi berbentuk amorf ini disebabkan oleh suhu kalsinasi

yang melebihi suhu pembentukannya. Suatu bahan keramik memiliki fasa yang stabil pada suhu pembentukannya, setelah melebihi suhu ini bahan akan mengalami perubahan bentuk ke arah ketidakteraturan. Jika terus dipanaskan maka akan menuju posisi nol dimana bahan akan berubah wujud menjadi cairan (*melting*) bahkan hilang karena mencapai suhu penguapan.

Hal ini pula yang kemungkinan besar terjadi pada Fe₂O₃ yang disintesis. Suhu kalsinasi yang digunakan telah menjadikan fasa α -Fe₂O₃ yang telah terbentuk pada suhu 600 °C mengalami perubahan struktur

menjadi amorf. Namun demikian, tidak terbentuknya kristal Fe_2O_3 pada serbuk yang disintesis bukan berarti penambahan FeCl_3 tidak berpengaruh pada produk. Fe^{3+} yang berada dalam larutan awal diasumsikan berikatan dengan sukrosa membentuk kompleks besi-sukronat. Ion-ion Fe^{3+} mengikat ion OH^- dari sukrosa seperti pembentukan aluminium-sukronat. Pengikatan ini akan sangat menguntungkan terutama pada ukuran kristalit yang terbentuk. Dengan kata lain, Fe^{3+} berpengaruh pada penurunan ukuran kristalit yang terbentuk sehingga diperoleh kristalit berdimensi nanometer.

Selain itu penambahan Fe ke dalam campuran juga dapat berperan pada pembentukan fasa alumina. Dalam hal ini, Fe berperan sebagai katalis yang mempercepat terbentuknya fasa $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Beberapa penelitian sebelumnya terhadap sintesis alumina dibutuhkan suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ [11, 17] untuk memperoleh fasa $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Analisis Hasil Kontak Nanokomposit dengan Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Penurunan konsentrasi kromium secara kasat mata terlihat dari perbedaan warna yang terjadi setelah proses adsorpsi. Larutan model kromium yang berwarna kuning berubah menjadi bening setelah adsorpsi dilakukan. Perbedaan warna ini diperlihatkan pada **Gambar 5**.

Pada saat adsorpsi, adsorbat menempel pada permukaan adsorben sehingga konsentrasinya berkurang dari larutan. Permukaan yang dimaksud termasuk pori yang terdapat dalam struktur adsorben. Ukuran ion kromium yaitu $0,64\text{ \AA}$, jauh lebih kecil dibandingkan ukuran pori alumina yaitu $2,9 - 7,0\text{ \AA}$ [18] sehingga ion-ion kromium akan masuk ke dalam pori adsorben. Peristiwa inilah yang menyebabkan ion kromium teradsorpsi oleh nanokomposit yang disintesis.



Gambar 5 Warna larutan kromium sebelum (botol kiri) dan setelah adsorpsi (botol kanan).

Pengukuran menggunakan AAS dilakukan untuk mengetahui konsentrasi dari filtrat hasil adsorpsi. Penurunan konsentrasi kromium hasil adsorpsi nanokomposit $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ disajikan dalam **Tabel 2**.

Hasil adsorpsi menunjukkan bahwa perbedaan waktu kontak tidak terlalu berpengaruh pada penurunan konsentrasi kromium. Waktu kontak 24 jam menghasilkan penurunan paling tinggi yakni 85%. Namun besarnya penurunan ini tidak terlalu jauh dengan hasil pada waktu kontak 1 jam yakni 80%. Hal ini bisa terjadi karena pada awal adsorpsi semua model larutan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama satu jam dan didiamkan dengan variasi waktu yang berbeda. Selama penyimpanan, masih terdapat kontak antara adsorben dengan adsorbat. Namun kondisinya berbeda dengan kondisi pengadukan menggunakan pengaduk magnet dimana seluruh permukaan

adsorben dapat kontak dengan adsorbat. Pada saat didiamkan, tidak seluruh permukaan adsorben berkontak dengan adsorbat karena adsorben cenderung mengendap di dasar gelas akibatnya hanya permukaan paling atas yang masih berinteraksi dengan adsorbat. Dengan kondisi seperti ini, konsentrasi adsorbat yang terserap akan cenderung sama pada beberapa variasi waktu kontak.

Penanganan yang sederhana menggunakan adsorben $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ merupakan langkah mudah yang dapat dilakukan oleh setiap industri. Harga bahan baku yang murah dan mudah diperoleh serta proses sintesis yang sederhana menjadi solusi terbaik untuk penanganan limbah kromium dari industri.

IV. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Sintesis nanokomposit $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ berhasil dilakukan pada suhu kalsinasi $800\text{ }^\circ\text{C}$ yang menghasilkan serbuk yang sangat halus.
2. Penambahan sukrosa sebagai *template* organik telah memberikan pengaruh pada ukuran kristalit hingga mencapai dimensi nanometer.
3. Hasil pemeriksaan XRD menunjukkan terbentuknya kristal $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ yang berbentuk kubik dengan ukuran 3 nm dan Fe_2O_3 yang berbentuk amorf.

Tabel 2 Konsentrasi kromium setelah adsorpsi menggunakan $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$

Lama kontak (jam)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Persentase penurunan (%)
1	5,55	80,42
5	6,13	78,38
10	4,56	83,92
15	4,71	83,39
20	4,62	83,70
24	4,22	85,11

Ket. Konsentrasi awal 28,35 ppm

4. Pengadukan dengan waktu 1 jam antara 2 g nanokomposit dengan 50 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ 56,7 ppm dapat mencapai adsorpsi Cr(VI) lebih dari 80%, sementara waktu kontak tanpa pengadukan tidak memberikan efek yang signifikan dalam rentang 1 – 24 jam.

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penambahan *template* organik yang berbeda dengan variasi konsentrasi. Perlu dilakukan penelitian sintesis nanokomposit dengan suhu kalsinasi yang lebih rendah. Komposit yang dihasilkan juga dapat dicoba untuk aplikasi lain yang memungkinkan berdasarkan sifat-sifat yang dimilikinya.

Daftar Pustaka

- [1] Slamet, R. Syakur and W. Danumulyo, "Pengolahan Limbah Logam Berat Chromium (VI) dengan Fotokatalis TiO_2 ," *Makara Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 27-32, 2003.
- [2] Sudarmaji, J. Mukono and I. P. Corie, "Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 2, no. 2, pp. 129-142, 2006.
- [3] D. C. Danarto, "Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr(VI) dengan Adsorben Pasir yang Dilapisi Besi Oksida," *Ekulibrium*, vol. 6, no. 2, pp. 65-70, 2007.
- [4] E. S. Ratnaningsih, "Sintesis dan Penggunaan Tetramer Siklis Seri Kaliksresorsinarena, Alkoksikaliksarena, dan Alkenikaliksarena untuk Adsorpsi Kation Logam Berat," Jurusan Kimia UGM, Yogyakarta, 2007.
- [5] I. N. Suardana, "Optimalisasi Daya Adsorpsi Zeolit terhadap Ion Kromium(III)," *JPPSH Lembaga Pen. Undiksha*, vol. 2, no. 1, pp. 17-33, 2008.
- [6] T. Kusumawati, "Jerapan Kromium Limbah Penyamakan Kulit oleh Zeolit Cikembar dengan Metode Lapik Tetap (Skripsi)," Jurusan Kimia IPB, Bogor, 2006.
- [7] R. Januarita, "Adsorpsi Ion Kromium (VI) pada Air Hitam," *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 3, no. 3, pp. 169-175, 2003.
- [8] N. A. Kundari, A. Nurmaya dan M. Kartini, "Kinetika Reduksi Krom (VI) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam," dalam *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, 2009.

- [9] Y. Ku and I.-. L. Jung, "Photocatalytic Reduction of Cr(VI) in Aqueous Solutions by UV Irradiation with the Presence of Titanium Dioxide," *Water Research*, vol. 35, no. 1, p. 135–142, 2001.
- [10] Slamet, R. Arbianti and Daryanto, "Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat (Cr⁶⁺ atau Pt⁴⁺) secara Simultan dengan Fotokatalis TiO₂, ZnO-TiO₂, Dan CdS-TiO₂," *Makara*, vol. 9, no. 2, pp. 66-71, 2005.
- [11] R. Septawendar, Suhandi and F. Edwin, "Penyiapan Serbuk Nanokristalin α -Al₂O₃ Menggunakan Senyawa Disakarida Terlarut secara Proses Kimia dan Fisika," *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia*, vol. 19, no. 2, pp. 89-101, 2010.
- [12] A. Maghfirah, "Pembuatan Keramik Paduan Zirkonia (ZrO₂) dengan Alumina (Al₂O₃) dan Karakterisasinya (Tesis)," Sekolah Pascasarjana USU, Medan, 2007.
- [13] C. P. Pool and J. O. Frank, *Introduction to Nanotechnology*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.
- [14] I.-. Y. Ko, I.-. J. Shon, J.-. M. Doh, J.-. K. Yoon, S.-. W. Park and N.-. R. Park, "Consolidation of a Nanostructured Al₂O₃ Reinforced Fe-Cr Composite by Rapid Sintering and Its Mechanical Properties," *Journal of Ceramic Processing Research*, vol. 12, no. 1, pp. 70-73, 2011.
- [15] R. Rogojan, A. Ecaterina, G. Cristina and S. V. Bogdan, "Synthesis and Characterization of Alumina Nano-Powder Obtained by Sol-Gel Method," *U.P.B. Science Bulletin Series B*, vol. 73, no. 2, pp. 67-76, 2011.
- [16] R. Febrianti, "Pengaruh Ion Na⁺, K⁺, Mg²⁺, dan Ca²⁺ pada Penjerapan Kromium Trivalen oleh Zeolit Lampung (Skripsi)," Jurusan Kimia IPB, Bogor, 2008.
- [17] A. Johan, "Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Refraktori α -Al₂O₃ Pengaruh Penambahan TiO₂," *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 12, no. 2B, pp. 12207- 1-8, 2009.
- [18] Y. Liu, D. Ma, X. Han, X. Bao, W. Frandsen, D. Wang and D. Su, "Hydrothermal Synthesis Of Microscale Boehmite And Gamma Nanoleaves Alumina," *Materials Letters*, vol. 62, p. 1297–1301, 2007.

