

PENURUNAN KONSENTRASI KROMIUM (Cr) DALAM LIMBAH CAIR *ELECTROPLATING* DENGAN PENGGUNAAN KOAGULAN DAN ADSORBEN

Ratih Artanti, Dedi Nursyamsi, Sigit Yuli Jatmiko¹

(Diterima tanggal: ; Disetujui tanggal:)

ABSTRACT

The research was conducted at the Integrated Laboratory, Indonesian Agricultural Environment Research Institute (IAERI), Jakenan, Pati, Central Java. Treatment for electroplating wastewater samples taken from Talang Subdi strict, Tegal District, Central Java was managed as chemically that was through the coagulation and flocculation processes. The purpose of this study was to test the effectiveness of coagulant and adsorbent materials in reducing the concentration of electroplating wastewater Cr. Experiments used a factorial design in randomized completely block design and three replications. The first factor was the coagulant materials, namely: control, alum ($Al_2(SO_4 \cdot xH_2O)$), sodium bisulphate ($NaHSO_4$), and resin anion, while the second factor was the adsorbent materials, namely: control, activated carbon, and zeolite. The results showed that all coagulants (sodium bisulphate, alum, and resin anion), adsorbent materials (activated carbon and zeolite) and a combination of both significantly decreased the concentration of electroplating wastewater Cr more than 50%. Resin anion and its combination with activated carbon as well as with zeolite were very effective in decreasing the concentration of electroplating wastewater Cr (97-98%). Coagulant and adsorbent combination, resin anion+activated carbon and resin anion+zeolite, had double function that decreased of both Cr concentration and TDS (Total Dissolved Solid) of the concentration of electroplating wastewater.

Keywords: Chromium, coagulant, adsorbent, electroplating wastewater

ABSTRAK

Pelaksanaan kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan, Pati, Jawa Tengah. Pengolahan limbah cair *electroplating* yang diambil dari Kecamatan Talang Kabupaten Tegal, Propinsi Jawa Tengah dilakukan secara kimia, yaitu melalui proses koagulasi dan flokulasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas bahan koagulan dan adsorben dalam menurunkan konsentrasi Cr limbah cair *electroplating*. Percobaan menggunakan rancangan faktorial dalam rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Faktor I adalah bahan koagulan, yaitu: kontrol, tawas ($Al_2(SO_4 \cdot xH_2O)$), sodium bisulfat ($NaHSO_4$), dan anion resin, sedangkan faktor II adalah bahan adsorben, yaitu: kontrol, arang aktif, dan zeolit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua bahan koagulan (sodium bisulfat, tawas, dan anion resin), bahan adsorben (arang aktif dan zeolit) dan kombinasi keduanya nyata menurunkan konsentrasi Cr limbah cair *electroplating* lebih dari 50%. Anion resin dan kombinasinya dengan arang aktif serta kombinasinya dengan zeolit sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi Cr limbah cair *electroplating* (97-98%). Kombinasi koagulan dan adsorben antara anion resin+arang aktif dan anion resin+zeolit berfungsi ganda, selain menurunkan kadar Cr juga menurunkan TDS (*Total Dissolved Solid*) limbah cair *electroplating*.

Kata kunci : Kromium, koagulan, adsorben, limbah cair *electroplating*

PENDAHULUAN

Penggunaan koagulan tawas atau alum $Al_2(SO_4)$ (aluminium sulfat), $NaHSO_4$ (sodium bisulfat), dan anion resin serta bahan adsorben arang aktif dan zeolit sering digunakan dalam pengolahan air minum, namun sangat

jarang digunakan untuk pengolahan limbah. Pengolahan limbah cair *electroplating* dapat dilakukan secara kimia yaitu dengan proses koagulasi (penambahan bahan kimia ke dalam air yang akan diolah) dan atau flokulasi (penggumpalan bahan terlarut, koloid, dan

¹ Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jl. Raya Jakenan-Jaken Km 05, PO Box 05, Jakenan, Pati 59182E-mail: r_artantie@yahoo.com

yang tidak dapat mengendap dalam air).

Proses koagulasi dan flukolasi yang telah dilakukan selama ini belum banyak diteliti efektivitasnya dalam menurunkan kandungan logam berat Cr dalam limbah cair. Limbah cair industri *electroplating* dapat berupa limbah organik (benzena, trikloroetilen, metil klorida, toluena, karbon tetraklorida), limbah bersifat asam (H_2SO_4 , HCl) atau basa (kaustik, boraks, sodium karbonat, sabun), dan limbah yang mengandung garam logam yang beracun (Cu, Cr, Ni, Zn, Cd, Pb, Au, Ag, Pt)⁽¹⁾, perlakuan tunggal koagulasi ataupun flukolasi tidak efektif untuk mengendalikan limbah yang heterogen.

Electroplating adalah proses pelapisan logam yang menggunakan arus listrik searah melalui metoda elektrolisis. Proses ini memberikan suatu penutupan logam dengan menggunakan logam-logam tertentu sebagai pelapisnya, seperti: kromium (Cr), tembaga (Cu), nikel (Ni), seng (Zn), perak (Ag) dan lain-lain. Pelapisan logam dengan Cr mempunyai tujuan untuk memperoleh lapisan pelindung pada permukaan logam agar tahan terhadap gesekan, meningkatkan penampilan, memperhalus bentuk permukaan dan meningkatkan kekerasan.

Pembuangan limbah *electroplating* di badan-badan sungai yang berlebihan dapat meningkatkan kandungan logam berat di lingkungan termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun, yang mengganggu baik pada tanaman, hewan maupun manusia. Keberadaan logam berat di lingkungan akan menyebabkan efek kronis dengan terjadinya bioakumulasi, perlu diwaspadai mengingat manusia adalah makhluk dengan tingkat trofik

yang paling tinggi di dalam rantai makanan⁽²⁾. Residu logam berat dalam tubuh bersifat kumulatif dan dapat mengganggu sistem peredaran darah, sistem syaraf dan kerja ginjal. Badan Penelitian Kanker Internasional (*International Agency for Research on Cancer*, IARC) mengelompokkan logam Cr dan Ni bersifat karsinogenik, Cd dan senyawanya menyebabkan kanker paru-paru, Pb dan senyawanya mungkin penyebab kanker (*probably human carcinogens*)⁽³⁾.

Pengolahan limbah cair dengan metode yang tepat tanpa efek samping diharapkan dapat meminimalisasi kandungan zat-zat polutan terutama logam berat yang berpotensi merusak lingkungan. Penggunaan bahan koagulan dan absorben secara bersama-sama diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pemisahan logam berat Cr dari cairan. Keunggulan cara ini adalah selain efektif, murah, juga bahan tersebut banyak tersedia di pasar Indonesia.

Jenis koagulan yang digunakan adalah tawas atau alum $Al_2(SO_4)_3$ (aluminium sulfat), $NaHSO_4$ (sodium bisulfat), dan anion resin. Koagulan tawas ($Al_2SO_4 \cdot xH_2O$) $x=11,14$, dan x umumnya yang digunakan adalah $18 H_2O$. Semakin banyak ikatan molekul hidrat maka semakin banyak ion lawan yang ditangkap. Pada $pH < 7$ terbentuk $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^{4+}$, $Al_2(OH)_4^{4+}$. Pada $pH > 7$ terbentuk $Al(OH)^{-4}$. Flok-flok $Al(OH)_3$ mengendap berwarna putih. Sodium bisulfat digunakan untuk netralisir klorin (deklorinasi) klorin dalam air dan untuk mereduksi limbah kromium heksavalen yang berbahaya menjadi kromium trivalen yang tidak berbahaya dalam industri *electroplating*⁽⁴⁾.

Untuk meningkatkan kinerja penurunan logam

berat Cr pada limbah cair *electroplating*, maka dimanfaatkan juga adsorben. Beberapa bahan adsorben telah diketahui sebagai bahan penjerap logam berat, misalnya arang aktif dan mineral zeolit yang banyak terdapat di Indonesia. Bansal dan Goyal ⁽⁵⁾ melaporkan bahwa arang aktif mampu menghilangkan 30-99% Cr(VI) dari larutan yang mengandung 20-200 mg/l ion Cr(VI). Daya serap arang aktif sangat bervariasi, yaitu 25-1000% terhadap berat arang aktif, dan luas permukaannya antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben ⁽⁶⁾. Tempurung kelapa merupakan bahan terbaik yang dapat dibuat menjadi arang aktif karena memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah, kelarutan dalam air dan reaktivitas yang tinggi ⁽⁷⁾.

Zeolit ($M_2nO \cdot Al_2O_3 \cdot ySiO_2 \cdot wH_2O$, dimana $n =$ valensi logam, $y = 2-200$, dan $w =$ molekul air yang mengisi rongga zeolit). Mineral zeolit yang terdiri atas kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali dalam kerangka tiga dimensi, memiliki rongga dan saluran yang saling berhubungan sehingga menyebabkan bagian permukaannya menjadi sangat luas dan efektif sebagai adsorben, juga memiliki muatan negatif yang dapat berinteraksi dengan senyawa atau molekul bermuatan ⁽⁸⁾. Di bidang industri kimia, zeolit digunakan sebagai katalis, penukar ion (*ion exchanger*), dan sebagai penjerap (*adsorben*) dalam pengolahan limbah ⁽⁹⁾.

Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas bahan koagulan tawas $Al_2(SO_4)_3$ (aluminium sulfat), $NaHSO_4$ (sodium bisulfat), dan anion resin dan bahan adsorben arang aktif dan zeolit

serta kombinasi bahan koagulan dan adsorben tersebut dalam menurunkan kadar logam berat Cr dari limbah cair *electroplating*.

METODOLOGI

Percobaan laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan sejak September 2009 sampai Februari 2010. Percobaan menggunakan contoh limbah cair *electroplating* yang diambil dari Kecamatan Talang, Kabupaten Tegal. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Jartest*, pH meter, alat-alat gelas, neraca analitik, oven, kertas saring 0.45 μ m dan *atomic absorption spectrometer* (AAS) tipe AA240FS Varian. Tiga jenis bahan koagulan yang digunakan adalah: tawas ($Al_2(SO_4 \cdot xH_2O)$), sodium bisulfat ($NaHSO_4$), dan anion resin amberlite IRA402 Cl produksi Rohm dan Haas Amerika Serikat, sedangkan bahan adsorben yang digunakan adalah arang aktif produk Pusat Penelitian Hasil Hutan (PPH) Bogor dan zeolit agro 2000.

Pembuatan arang aktif mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Hartoyo ⁽¹⁰⁾. Bahan tempurung kelapa dikarbonasi dalam retort listrik (tanpa aliran udara) pada suhu 500°C selama 5 jam selanjutnya ditumbuk sampai mencapai ukuran 0,3-0,5 cm, kemudian direndam dalam larutan asam fosfat selama 24 jam untuk menghilangkan bahan pengotor yang menempel pada permukaan arang. Setelah ditiriskan diaktifkan dengan uap air panas pada suhu 900°C selama 60 menit.

Percobaan ini menggunakan rancangan faktorial dua faktor dalam rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Faktor pertama

adalah penggunaan koagulan, yaitu: kontrol, sodium bisulfat, tawas dan anion resin masing-masing 600 mg/l, sedangkan faktor kedua adalah penggunaan adsorben, yaitu: kontrol, arang aktif, dan zeolit masing-masing 400 mg/l. Pengamatan dilakukan terhadap kadar Cr dalam limbah cair *electroplating* dengan menggunakan AAS tipe AA240FS Varian. Selain itu variabel kualitas air lainnya seperti pH ditetapkan dengan pH meter, sedangkan TSS (*Total Suspended Solid*) dan TDS (*Total Dissolved Solid*) dengan cara gravimetri.

Percobaan ini menggunakan alat *Jartest* yang dilengkapi gelas piala ukuran 1000 ml. Contoh limbah cair *electroplating* dengan kadar Cr 4 mg/l dimasukkan ke dalam gelas piala. Kemasaman larutan dipertahankan pada pH 7 dengan menambahkan H_2SO_4 atau NaOH. Selanjutnya ke dalam contoh limbah ditambahkan bahan koagulan dan adsorben sesuai dengan dosis dan perlakuan yang telah ditetapkan. Contoh larutan diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit untuk pengadukan cepat dan 20 rpm selama 10 menit untuk pengadukan lambat. Setelah didiamkan selama 30 menit, larutan disaring, lalu kadar Cr dalam larutan ditetapkan dengan menggunakan AAS.

Persentase penurunan konsentrasi logam berat dalam air limbah dihitung menurut Hariani *et al.* ⁽¹¹⁾ menggunakan rumus:

$$\% C = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- %C = persentase penurunan konsentrasi Cr
- C_{awal} = konsentrasi Cr air limbah sebelum perlakuan
- C_{akhir} = konsentrasi Cr air limbah setelah perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Koagulan dan Adsorben

Hasil percobaan seperti disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa koagulan, adsorben dan kombinasi keduanya mampu menurunkan konsentrasi logam berat Cr dalam limbah cair *electroplating* hingga lebih dari 50%, dimana penurunan karena perlakuan kombinasi koagulan-adsorben umumnya lebih tinggi dibandingkan perlakuan tunggal. Koagulan tunggal anion resin paling tinggi menurunkan kadar Cr dalam larutan dibandingkan koagulan lainnya. Kemampuan koagulan anion resin menurunkan kadar Cr dalam limbah mencapai 97%, yang diikuti oleh koagulan zeolit dan tawas masing-masing adalah 71 dan 70%. Kemampuan menurunkan kadar Cr yang lebih tinggi ini berkaitan dengan nilai kapasitas tukar kation (KTK) anion resin yang lebih besar pula dibandingkan dengan koagulan lainnya. Koagulan yang bermuatan negatif akan mengikat kation-kation logam Cr secara elektrostatik pada permukaannya sebagai kation yang tersorpsi. Nilai KTK anion resin adalah 410 cmol(+)/kg ⁽¹²⁾, sedangkan nilai KTK zeolit adalah 119 cmol(+)/kg ⁽¹³⁾.

Kombinasi koagulan-adsorben hanya mampu meningkatkan efektivitas penurunan kadar Cr dalam limbah dari 1,8 hingga 39% dibandingkan perlakuan tunggal. Perlakuan kombinasi anion resin + zeolit menghasilkan tingkat penurunan kadar Cr dalam limbah

Tabel 1. Persentasi Penurunan Konsentrasi Cr Limbah Cair *Electroplating* Menggunakan Bahan Adsorben dan Koagulan

Perlakuan tunggal	Penurunan Cr (%)	Perlakuan kombinasi	Penurunan Cr (%)
Kontrol	0	Sodium + arang aktif	54
Sodium bisulfat	53	Sodium + zeolit	78
Tawas	70	Tawas + arang aktif	81
Anion resin	97	Tawas + zeolit	77
Arang aktif	58	Anion resin + arang aktif	97
Zeolit	71	Anion resin + zeolit	98

tertinggi yaitu 98%, diikuti oleh kombinasi anion resin + arang aktif, tawas + arang aktif, sodium + zeolit, dan tawas + zeolit menurunkan konsentrasi Cr lebih dari 70 % yaitu berturut-turut: 97, 81, 78, dan 77 % (Tabel 1). Kombinasi anion resin + zeolit selain dapat meningkatkan KTK juga menambah luas permukaan sehingga daya sorpsinya juga meningkat.

Adsorben silikat (zeolit) sangat efektif jika dikombinasi dengan bahan koagulan lainnya. Hasil penelitian serupa dengan penelitian Li *et al.* ⁽¹⁴⁾ yang melaporkan bahwa penggunaan adsorben silikat dan koagulan tawas efektif menurunkan konsentrasi logam berat Pb dan Cr hingga mencapai 99%, demikian juga Halimoon dan Yin ⁽¹⁵⁾ juga melaporkan bahwa penggunaan adsorben zeolit dan penambahan

koagulan tawas mampu menurunkan logam berat Pb, Cu, Cd, dan Cr hingga lebih dari 50% pada limbah cair dari industri tekstil.

Hasil uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5% menunjukkan bahwa bahan koagulan dan adsorben masing-masing sangat nyata dan nyata dalam menurunkan Cr limbah cair *electroplating* (Tabel 2). Selanjutnya analisis sidik ragam interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap variabel yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan koagulan dan adsorben masing-masing memberikan respon positif terhadap persentase penurunan Cr.

Koagulan dan kombinasinya dengan adsorben mampu menurunkan konsentrasi Cr dalam limbah cair *electroplating* hingga di bawah

Tabel 2. Hasil Analisis Sidik Ragam Pengaruh Koagulan, Adsorben, dan Kombinasinya Terhadap Cr, pH, dan TSS Limbah Cair *Electroplating*

Sumber Variasi	Db	Kuadrat Tengah			F hitung		
		Cr	pH	TSS	Cr	pH	TSS
Koagulan (K)	3	7,64	32,12	222.797,2	8,49**	210,83**	570,00**
Adsorben (A)	2	3,37	0,03	2.317,2	3,75*	0,22 ^{tn}	5,93**
K X A	6	1,53	0,01	1.577,6	1,70 ^{tn}	0,06 ^{tn}	4,04**
Eror	24	21,59	3,66	2905.3			
Total	35						

* = nyata pada taraf 5%, ** = sangat nyata pada taraf 1%, dan tn = tidak nyata

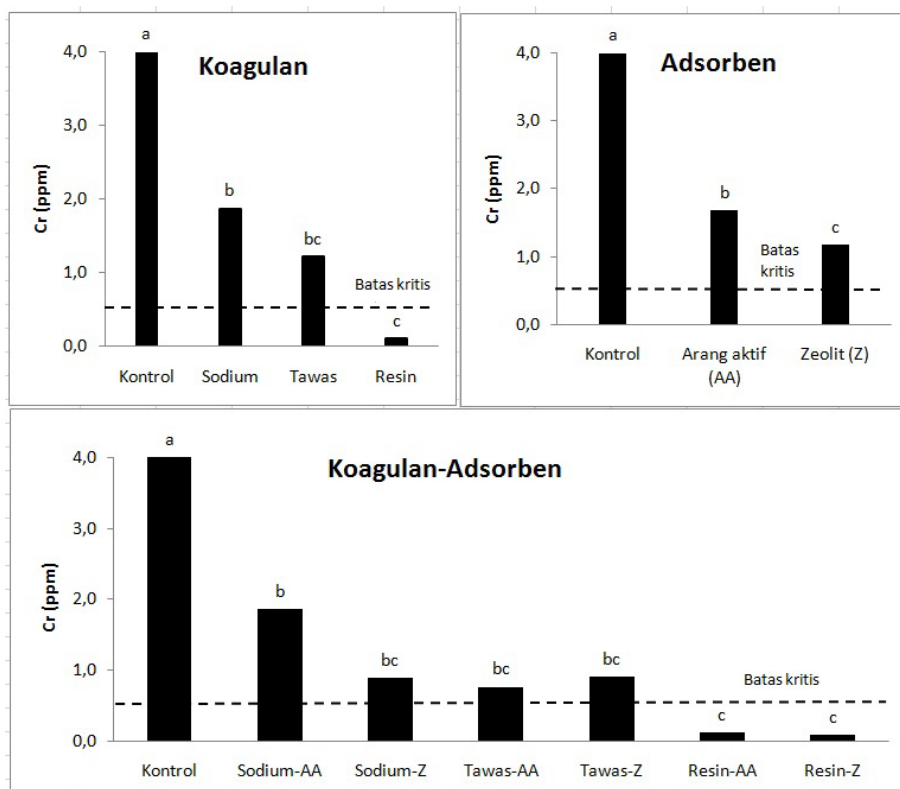
ambang batas maksimumnya (Gambar 1). Anion resin efektif dalam menurunkan konsentrasi Cr limbah cair hingga 0,11 ppm, konsentrasi ini berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh Kepmen LH No. 51/MENLH/10/1995 yaitu 0,5 ppm. Kombinasi anion resin+zeolit dan anion resin+arang aktif mampu menurunkan konsentrasi Cr air berturut-turut hingga 0,09 dan 0,12 ppm.

Hasil analisis kandungan Cr dalam limbah cair setelah perlakuan adsorben tunggal menunjukkan bahwa zeolit lebih baik dalam menurunkan Cr dibanding arang aktif. Zeolit mampu menurunkan kandungan Cr dalam limbah hingga 71%, sedangkan arang aktif hanya mampu menurunkan Cr sebesar 58%. Zeolit efektif untuk memisahkan partikel bermuatan negatif seperti Cr, Fe, Pb, Cd,

dan Zn dari limbah cair ⁽¹⁶⁾ sedangkan karbon aktif efektif untuk memisahkan partikel-partikel organik ⁽¹⁷⁾. Selanjutnya hasil analisis kandungan Cr limbah cair setelah perlakuan kombinasi adsorben dan koagulan menunjukkan bahwa kombinasi anion resin + zeolit dan anion resin + arang aktif paling baik dalam menurunkan Cr dibanding lainnya. Kombinasi anion resin + zeolit dan anion resin + arang aktif mampu menurunkan kandungan Cr dalam air berturut-turut hingga 97% dan 98%. Sementara kombinasi sodium bisulfat + arang aktif, tawas + zeolit, sodium bisulfat + zeolit dan tawas + arang aktif hanya mampu menurunkan Cr berturut-turut 54%, 77%, 78% dan 81%.

pH, TSS dan TDS

Pengukuran setelah proses koagulasi dan flokulasi menunjukkan bahwa suhu air



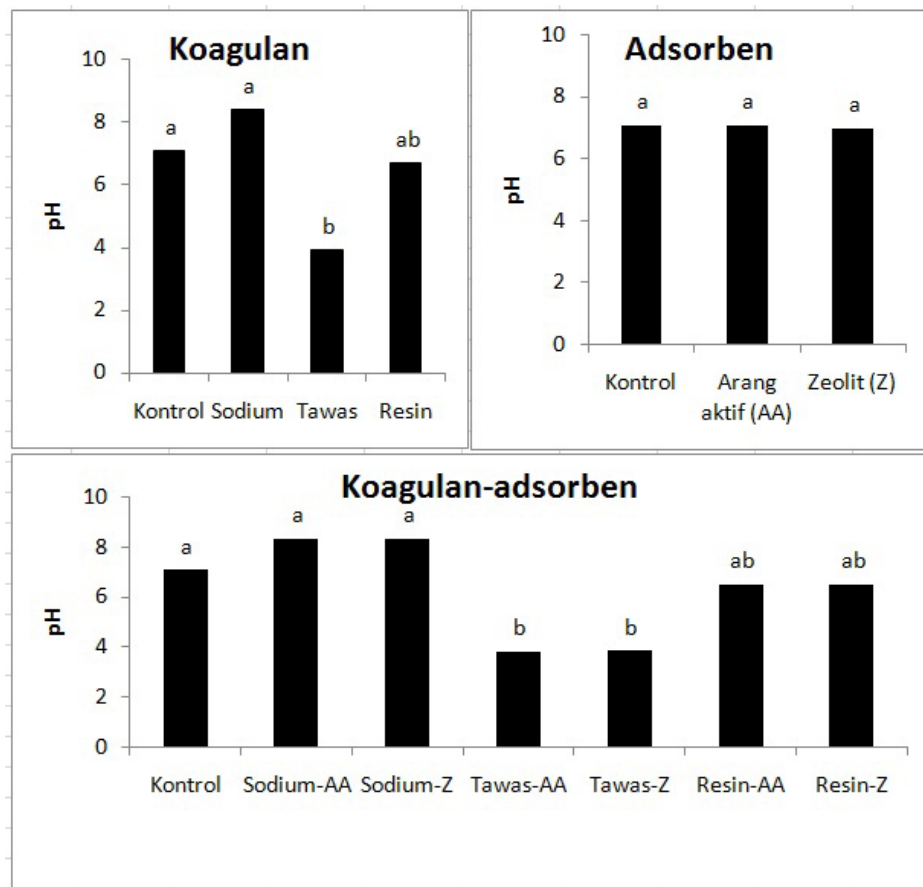
Gambar 1. Pengaruh Koagulan, Adsorben, dan Kombinasi Koagulan-Adsorben Terhadap Konsentrasi Cr Limbah Cair *Electroplating*

berkisar antara 28,4-29,5 °C atau berada pada suhu normal. Nilai keasaman (pH) air setelah perlakuan berkisar antara 3,8-8,4. Pengaruh koagulan, adsorben, dan kombinasinya terhadap pH limbah cair *electroplating* disajikan pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa tawas nyata menurunkan pH limbah cair dari sekitar pH 7 (netral) menjadi pH 3,9 (asam), sedangkan sodium tidak nyata. Adsorben yaitu arang aktif dan zeolit tidak berpengaruh nyata terhadap variabel pH limbah cair. Kombinasi tawas + arang aktif dan tawas + zeolit nyata menurunkan pH limbah cair.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa koagulan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap pH limbah cair sedangkan adsorben

dan kombinasinya dengan koagulan tidak berpengaruh nyata, dengan demikian maka penggunaan tawas untuk pengolahan atau remediasi limbah cair ini perlu hati-hati, karena meskipun efektif menurunkan konsentrasi Cr limbah cair tapi juga dapat meningkatkan kemasaman. Tawas merupakan senyawa garam yang bersifat asam (Al_2SO_4) karena berasal dari basa lemah ($Al(OH)_3$) dan asam kuat (H_2SO_4). Penggunaan bahan lainnya seperti sodium bisulfat, anion resin, arang aktif dan zeolit relatif aman karena tidak berpengaruh nyata terhadap pH limbah cair.

Hasil pengukuran TSS limbah cair setelah proses koagulasi dan flokulasi berkisar antara 33-230 mg/l. Penggunaan koagulan sodium bisulfat dan anion resin masing-masing nyata



Gambar 2. Pengaruh Koagulan, Adsorben, dan Kombinasi Koagulan-Adsorben Terhadap pH Limbah Cair *Electroplating*

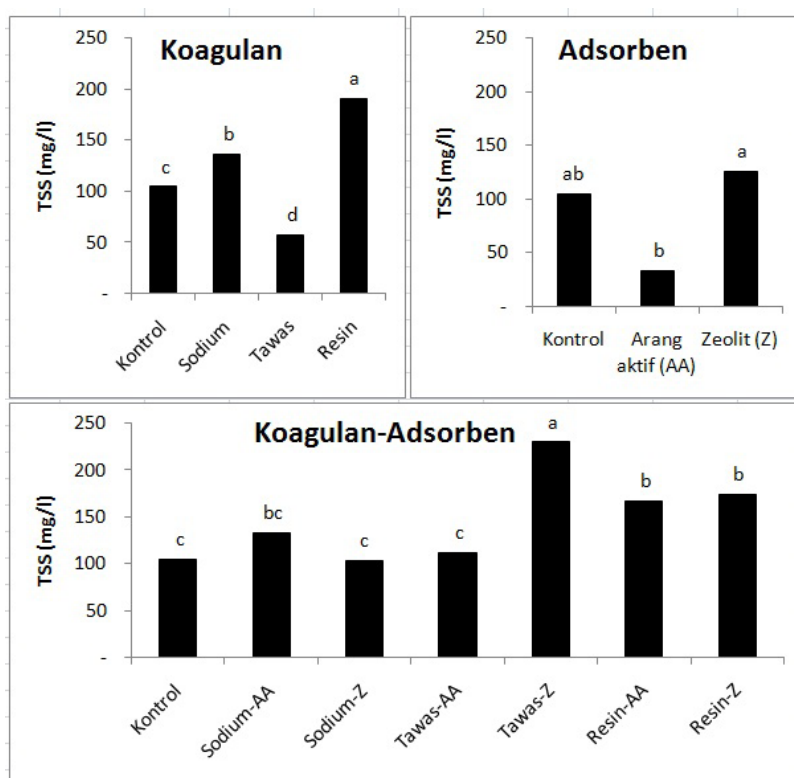
meningkatkan TSS limbah cair, sedangkan tawas nyata menurunkan TSS limbah cair ($P < 0,05$). Penggunaan adsorben arang aktif dan zeolit tidak berpengaruh nyata terhadap TSS limbah cair. Selanjutnya kombinasi tawas + zeolit, anion resin + arang aktif, dan anion resin + zeolit nyata meningkatkan TSS limbah cair (Gambar 3). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa bahan koagulan berpengaruh sangat nyata terdapat TSS limbah cair, sedangkan bahan adsorben dan kombinasinya dengan bahan koagulan tidak berpengaruh nyata (Tabel 2). Penggunaan sodium bisulfat, anion resin, dan zeolit perlu hati-hati juga karena dapat meningkatkan TSS limbah cair.

Hasil pengukuran TDS setelah proses koagulasi dan adsorpsi menunjukkan bahwa TDS limbah cair berkisar antara 18-374 mg/l. Penggunaan koagulan sodium bisulfat dan

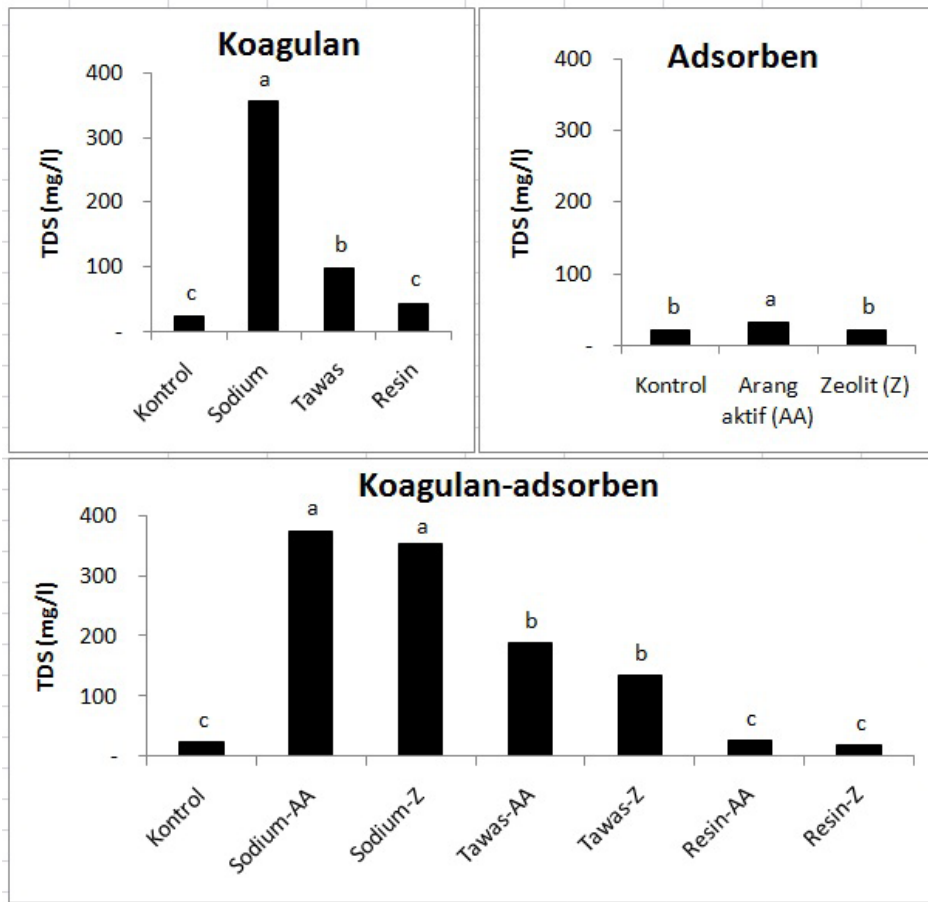
tawas masing-masing nyata meningkatkan TDS limbah cair, sedangkan anion resin tidak nyata. Penggunaan adsorben arang aktif nyata meningkatkan TDS limbah cair, sedangkan zeolit tidak nyata. Selanjutnya kombinasi antara sodium bisulfat + arang aktif, sodium bisulfat + zeolit, tawas + arang aktif, dan tawas + zeolit nyata meningkatkan TDS limbah cair (Gambar 4). Perlakuan sodium bisulfat menghasilkan nilai TDS paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Tetapi nilai ini masih jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan sebagai limbah cair industri menurut Kepmen LH No. 51/MENLH/10/1995, yaitu 2.000 mg/l.

KESIMPULAN

Semua bahan koagulan (sodium bisulfat, tawas, dan anion resin) yang diujikan mampu



Gambar 3. Pengaruh Koagulan, Adsorben, dan Kombinasi Koagulan-Adsorben Terhadap TSS Limbah Cair *Electroplating*



Gambar 4. Pengaruh Koagulan, Adsorben, dan Kombinasi Koagulan-Adsorben Terhadap TDS Limbah Cair *Electroplating*

menurunkan konsentrasi Cr limbah cair *electroplating* lebih dari 50% (53-97%).

Kombinasi koagulan dan adsorben menurunkan konsentrasi Cr cair *electroplating* pada nilai rentang 94-98%.

Kombinasi koagulan dan adsorben antara anion resin + arang aktif dan anion resin + zeolit berfungsi ganda, selain menurunkan kadar Cr juga menurunkan TDS limbah cair *electroplating*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mulyadi, S.Y. Jatmiko dan A.N. Ardiwinata. 2007. Pencemaran Limbah Industri di Lahan Pertanian

dan Teknologi Penanggulangannya Hal. 130-192 dalam A.M. Fagi, E. Pasandaran dan U. Kurnia (Eds). *Pengelolaan Lingkungan Pertanian Menuju Mekanisme Pembangunan Bersih*. Pati: Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

2. Lubis. 2002. *Ancaman Logam Berat Menjelang Musim Hujan*. Rangkuman Analisis. Sinar Harapan Bekerjasama dengan Lingkar-324 dan Environmental Empowering Forum (EEFOR).
3. Nordberg, G., B.A. Fowler, M. Nordberg, and L. Friberg. 2007. *Handbook on The Toxicology of Metals*. Copenhagen: Academic Press.