

REDUKSI KANDUNGAN LOGAM BERAT Fe PADA AIR SUNGAI JETIS SALATIGA SECARA ADSORBSI MENGGUNAKAN KARBON AKTIF

Panji Kurniawan¹⁾, Mega Kasmiyatun²⁾, Soebiyono²⁾

¹⁾Dinas Lingkungan Hidup Kota Salatiga,
Jl.Hasanudin no.110 Kota Salatiga
E-mail: dlh@salatiga.go.id

²⁾ Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Semarang,
Jl. Pawiyatan Luhur Bendan Duwur Semarang

Abstract

Iron (Fe) is one of the many heavy metals contained in open water, such as rivers. If accumulated in the body, the metal can cause some medical conditions, such as irritation to skin and eyes, breathing problems, and in the long term, cancer. This research aims to find out among the variables pH, size of activated carbon, and contact time, which one is most influential on the reduction of Fe content in Jetis river, Salatiga. Research method used is experimental design with a factor of 2³ to determine the optimum conditions of the process, the decrease level of metal content (Fe), and the quality of processing results that can be achieved. The results showed that the most influential variable was pH, so that optimization is carried out under conditions of pH 2, 4, 6, 8, 10, 12, and carbon size > 140mesh, and 60 minutes of contact time. After optimization, the highest reduction point of Fe metal content was 97.57% at pH 8, activated carbon size > 140mesh, and 60 minutes of contact time. The level of heavy metal Fe produced from this study was 0.150 mg / L from 6.184 mg / L existing value can be said it meet the class 1 river water quality standards according to PP no.82 of 2001 with a threshold value of Fe 0.3 mg / L.

Key words: Fe; Adsorbtion; pH; Water Treatment

Abstrak

Besi (Fe) adalah salah satu dari sekian banyak logam berat yang banyak terkandung dalam perairan terbuka, seperti sungai. Apabila terakumulasi dalam tubuh, logam ini dapat menyebabkan beberapa masalah kesehatan, seperti iritasi pada kulit dan mata, masalah pernapasan, dan dalam jangka panjang; kanker. Penelitian dengan cara adsorbsi ini bertujuan mengetahui diantara variabel pH, ukuran karbon aktif, dan waktu kontak, manakah yang paling berpengaruh terhadap reduksi kandungan Fe dalam air sungai Jetis, Salatiga. Metode penelitian yang digunakan yaitu experimental design dengan faktor 2³ untuk menentukan kondisi optimum proses, tingkat penurunan kandungan logam Fe, dan kualitas hasil pengolahan yang dapat dicapai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel yang paling berpengaruh adalah pH, sehingga dilakukan optimasi pada kondisi pH 2;4;6;8;10;12, dan ukuran karbon >140mesh, serta waktu kontak 60menit. Setelah optimasi, diperoleh hasil pengurangan kadar logam Fe tertinggi sebesar 97,57% pada kondisi pH 8, ukuran karbon aktif

>140mesh, dan waktu kontak 60menit. Kadar logam berat Fe yang dihasilkan dari penelitian ini adalah 0,150 mg/L dari semula 6,184 mg/L dapat dikatakan memenuhi baku mutu air sungai kelas 1 sesuai PP no.82 Tahun 2001 yaitu dengan nilai ambang batas Fe 0,3 mg/L.

Kata Kunci: Fe; Adsorpsi; pH; Pengolahan Air

1. Pendahuluan

Keberadaan Fe dalam air dapat menimbulkan rasa anyir, warna kuning, pertumbuhan bakteri besi, serta secara keseluruhan keberadaannya dalam air menampakan kekeruhan. Besi dalam air berbentuk ion bervalensi dua (Fe^{2+}) dan bervalensi tiga (Fe^{3+}). Dalam bentuk ikatan dapat berupa Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau FeSO_4 tergantung dari unsur lain yang mengikatnya. Besi dalam air dapat bersumber dari dalam tanah sendiri di samping dapat pula berasal dari sumber lain, diantaranya dari larutnya logam besi, cemaran dari besi atau endapan buangan industri. Senyawa besi dalam jumlah kecil di dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah, tetapi zat besi yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan, dan apabila terakumulasi di dalam tubuh, Fe dapat menyebabkan beberapa gangguan kesehatan, misalnya pada manusia menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, mengganggu pernafasan dan dalam jangka panjang menyebabkan kanker [1].

Pemerintah melalui PP RI Nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, untuk kualitas mutu sungai kelas I menetapkan konsentrasi besi yang masih dapat diterima adalah 0,3 mg/L. Oleh karena itu diperlukan metoda pengolahan yang tepat dalam penurunan logam-logam terlarut tersebut agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan [2].

Pada beberapa penelitian sebelumnya, pengurangan (reduksi) atau penyisihan logam berat Fe banyak dilakukan dengan cara presipitasi, adsorpsi, maupun elektrolisa [3][4][5]. Dalam penelitian ini dilakukan secara adsorpsi menggunakan karbon aktif, dengan pengaturan pH (presipitasi), serta pengaturan waktu kontak. Diharapkan pada penelitian ini dapat mereduksi kandungan logam Fe pada air hingga memenuhi baku mutu air sungai, dan membandingkan variabel manakah yang paling efektif dalam penurunan kadar Fe tersebut.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan sebagai objek penelitian ini adalah air sungai Jetis, Salatiga pada titik yang paling tinggi cemaran Fe. Sampel diambil dengan cara grab, sampel diambil dengan ketentuan peneliti, berdasarkan ciri atau sifat populasi yang sudah diketahui sebelumnya. Metode penelitian yang dipakai adalah experimental design dengan faktor 2^3 [6]. Sebagai variabel penelitian, digunakan karbon aktif dari arang batok kelapa yang dijual bebas di pasaran, dengan ukuran partikel <30 mesh dan >140 mesh. Variabel kedua yang digunakan adalah pH, yaitu perlakuan pengaturan pH sampel pada tingkat asam dan basa menggunakan larutan H_2SO_4 dan NaOH. Variabel ketiga yang digunakan yaitu waktu kontak, dimana dalam treatment sampel untuk adsorpsi dan pengaturan pH, ditetapkan waktu 5 menit dan 60 menit.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beakerglass, pipet, timbangan digital, digital orbital shaker, pHmeter digital, seperangkat alat filtrasi vakum, dan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) [7].

Sampel air sungai diambil dengan cara grab, sesuai dengan SNI mengenai cara pengambilan sampel air permukaan, untuk kemudian dibawa langsung ke Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kota Salatiga sebagai tempat analisa dan penelitian. Dengan menggunakan faktorial design 2^3 , ditentukan jumlah percobaan yang dilakukan adalah 8 run, kombinasi perlakuan level bawah dan level atas untuk interaksi tiga variabel.

Tabel 1. Tabel variabel berubah (efek) dan levelnya

NO	VARIABEL BERUBAH	LEVEL RENDAH (-)	LEVEL TINGGI (+)
1	pH	2	10
2	Ukuran karbon aktif	< 30 mesh	> 140 mesh
3	Waktu kontak	5 menit	60 menit

Setelah perlakuan awal, sampel diambil masing-masing 100ml ke dalam beakerglass, untuk kemudian dilakukan treatment pengaturan pH, dengan level bawah adalah pH 2 dan level atas pH 12. Sampel yang pHnya telah disesuaikan lalu dikontakkan dengan karbon aktif dengan level bawah <30mesh dan level atas >140mesh. Treatment utama, yaitu proses adsorpsi dilakukan diatas orbital shaker dengan putaran 200rpm, dan pengaturan waktu 5 menit dan 60 menit.

Setelah proses adsorpsi selesai, objek penelitian didiamkan selama 5 menit agar karbon aktif mengendap, sehingga sampel air dapat diambil. Sampel yang telah mengalami proses adsorpsi tersebut kemudian disaring dalam perangkat penyaring vacum, agar nantinya dalam proses analisa tidak mengganggu pembacaan alat AAS.

Setelah variabel paling berpengaruh diketahui, dilakukan langkah selanjutnya yaitu optimasi, dengan rentang nilai tertentu untuk variabel yang paling berpengaruh.

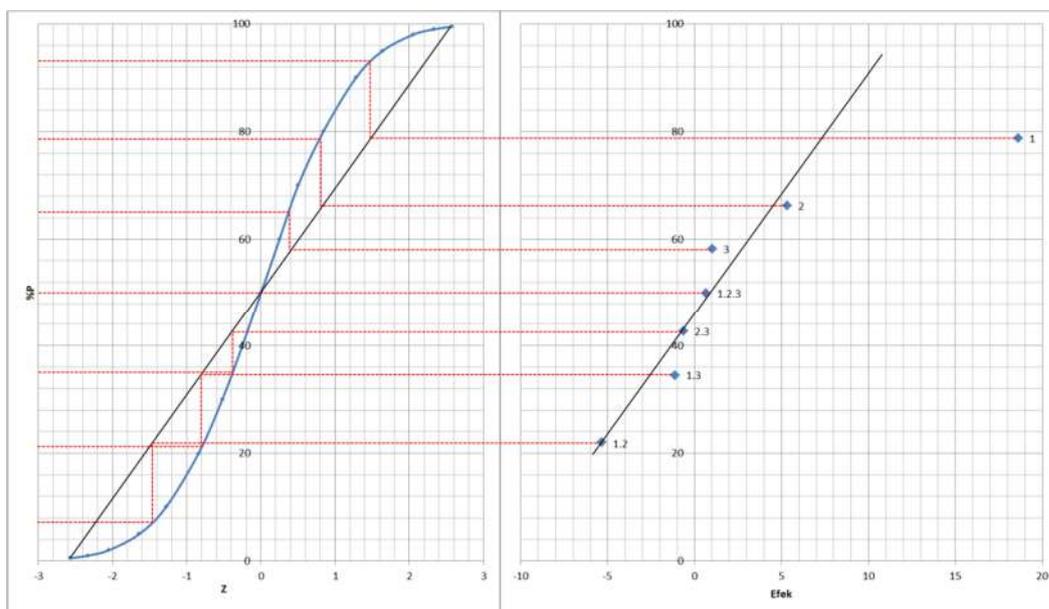
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil percobaan adsorpsi logam berat Fe dengan cara adsorpsi, seperti pada tabel 3, didapatkan nilai *yield* yang cukup tinggi dan bervariasi, dari nilai Fe mula-mula 6,184mg/L menjadi 1,746mg/L; 0,154mg/L; 1,006mg/L; 0,155mg/L; 1,532mg/L; 0,163mg/L; 0,954mg/L; 0,159mg/L untuk *run* ke-1 hingga *run* ke-8.

Dari hasil %*yield* digunakan untuk menghitung besaran efek utama dan interaksi antar variabel, selanjutnya mengacu besaran efek tersebut, dapat dilihat bahwa efek rata-rata variabel 1, yaitu pH memiliki hasil efek terbesar, namun masih perlu dibuktikan lagi dengan grafik *Normal Probability*.

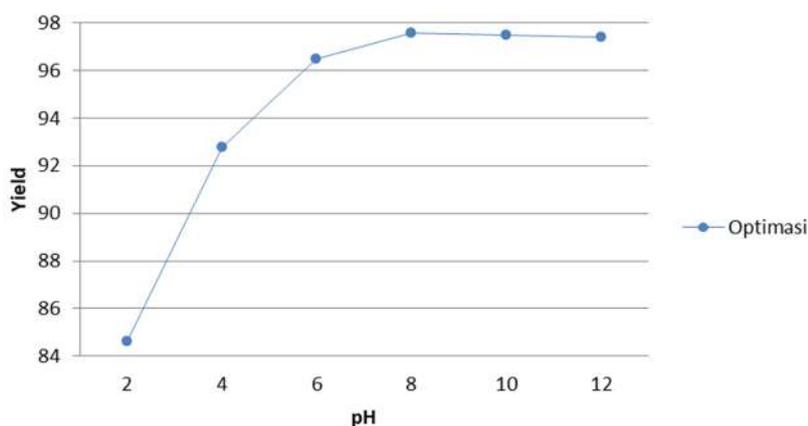
Langkah pembuktian selanjutnya adalah plotting nilai %P dan efek terhadap *Normal Probability Plot*. Nampak dalam gambar 1, bahwa efek nomor 1 yaitu pH berjarak

paling jauh dari garis efek linear, sehingga membuktikan bahwa variabel pH merupakan variabel yang paling berpengaruh dalam percobaan ini.



Gambar 1. Normal Probability Plot

Optimasi dilakukan untuk variabel pH pada rentang 2,4,6,8,10,12 dengan variabel ukuran karbon aktif serta waktu kontak dengan level tinggi, yaitu ukuran karbon aktif >140 dan waktu kontak 60 menit. Hasil optimasi pada gambar 2 menunjukkan titik tertinggi *yield* adalah pada pH 8, sehingga dapat dikatakan bahwa reduksi kadar logam berat Fe paling optimum didapatkan pada nilai pH 8, ukuran partikel karbon aktif >140, dan waktu kontak 60 menit.



Gambar 2. Hasil *yield* untuk optimasi pH

Seperti penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai penurunan kadar logam berat dengan metode adsorpsi dan atau presipitasi, ternyata logam berat yang terlarut dalam air lebih mudah untuk mengendap oleh pengaruh pH daripada teradsorpsi dalam karbon aktif. Penurunan kadar Fe dengan pengaruh peningkatan pH tersebut

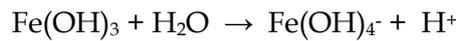
dapat terjadi karena kation logam Fe, dalam hal ini Fe²⁺ berikatan dengan anion OH⁻ yang meningkat dengan bertambahnya pH. Reaksi yang terjadi antara kation logam Fe dan anion OH⁻ tersebut dapat mengendapkan kation logam Fe yang terkandung dalam air sebagai logam hidroksida Fe(OH)₂.



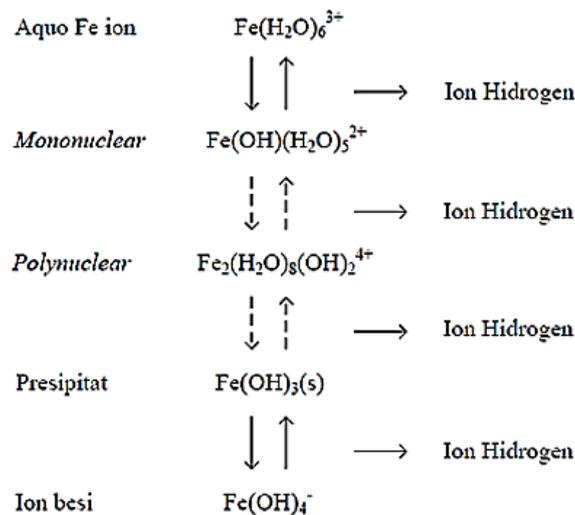
Sedangkan untuk Fe³⁺ pada pH lebih dari 6, terjadi proses pengendapan membentuk presipitat berupa senyawa Fe(OH)₃. Menurut Crittenden dkk (2012), senyawa tersebut mencapai ZPC (*zero point of charge*) pada pH 8,5.



Dalam optimasi penelitian ini, kadar logam Fe terendah adalah pada kondisi pH 8, diartikan pada pH ini pengendapan kation Fe berlangsung dengan optimum. Namun dapat dilihat pada gambar 4.2 setelah pH bertambah lagi ke nilai pH 10 dan 12, kadar logam Fe dalam air kembali meningkat, hal ini dapat terjadi karena peningkatan OH⁻ yang berlebihan memiliki potensi membentuk kompleks dengan endapan logam hidroksida yang telah terbentuk (OH⁻ yang ditambahkan akan bereaksi dengan ion H⁺ yang dimiliki oleh larutan), sehingga akan menyebabkan terjadinya reaksi penetralan dan endapan logam hidroksida dapat terlarut kembali [8] sebagai [Fe(OH)₄⁻] seperti reaksi berikut :



Diketahui bahwa menurut Crittenden dkk (2012) [9], kompleks logam Fe³⁺ dalam air (aquo-logam) mengalami tahapan hidrolisis membentuk sebuah spesi mononuclear (satu ion besi) dan diteruskan dengan pembentukan polinuclear, endapan dan ion aluminat yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahap hidrolisis ion Fe³⁺ [9]

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan optimasi yang telah dilakukan, variabel paling berpengaruh pada penurunan kadar logam berat Fe adalah variabel pH, terlihat dalam rentang pH 2 hingga 12 tidak menunjukkan hasil *yield* berupa garis lurus, namun hanya mempunyai satu titik puncak pH dalam pencapaian *yield* optimum. Sedangkan untuk variabel ukuran partikel karbon aktif dan waktu kontak, besaran efeknya positif, menunjukkan bahwa semakin besar nilai mesh dan waktu, *yield* yang diperoleh akan semakin besar pula.

Setelah dilakukan optimasi, kondisi paling optimum yaitu kondisi dimana diperoleh penurunan kadar logam Fe terbesar yaitu 6,034mg/L dengan *yield* 97,57% adalah pada variabel pH 8, ukuran karbon aktif >140mesh, dan waktu kontak 60 menit. Kadar Fe yang diperoleh tersebut sudah memenuhi baku mutu air sungai kelas I sesuai dengan PP Nomor 82 Tahun 2001.

Referensi

- [1] Pemerintah Kota Salatiga. 2017. *Pemantauan Kualitas Air Sungai*. Dinas Lingkungan Hidup Kota Salatiga. Salatiga
- [2] Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Pemerintah Republik Indonesia. Jakarta
- [3] Suprihatin, Nastiti SI. 2010. *Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Kimia*. Makara Sains. IPB. Bandung
- [4] Widayatno, Tri, dkk. 2017. *Adsorpsi Logam Berat Pb Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. Surakarta
- [5] Adli, Hadyan. 2012. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat*. Program Studi Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia.
- [6] Box. George, Hunter. William, Hunter. Stuart. 2005. *Statistics for Experimenters*. John Wiley & Sons. New Jersey
- [7] (BSN) Badan Standarisasi Nasional, 2004. *[SNI] Standar Nasional Indonesia Nomor 06-6989.4-2004 Tentang Air dan Air Limbah-Bagian 4: Cara Uji Besi (Fe) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-Nyala*. Jakarta
- [8] Ayres, David M. 1994. *Removing Heavy Metals From Wastewater*. Maryland University. United States of America
- [9] Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J. dan Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's Water Treatment: Principles and Design 3rd Edition*. John Wiley and Sons. New Jersey