

## PENURUNAN KADUNGAN BESI (Fe) DALAM AIR TANAH DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

**Memik Dian Pusfitasari\*, Rachmad Ramadhan Yogaswara, Dhebby Mas Jiwantara,  
Daud, Ikhwan Rifki Anggara**

Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknologi Proses, Institut Teknologi Kalimantan.  
Kampus ITK Karang Joang, Balikpapan, 76127  
Telp: (0542)-8530800, Fax: (0542)-8530801  
Email: [memik.pusfitasari@itk.ac.id](mailto:memik.pusfitasari@itk.ac.id)\*

### **Abstrak**

*Keberadaan besi dalam air tanah sebagai salah satu sumber bahan baku air bersih telah menjadi perhatian banyak pihak terutama karena dampaknya terhadap kesehatan. Oleh karena itu, kajian untuk menurunkan kandungan besi dalam air tanah telah dilakukan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi dilakukan secara batch selama 6 jam, jarak antar elektroda diatur 2 cm dengan beda potensial yang divariasikan. Pada dasarnya, penurunan besi dilakukan melalui 2 tahap yaitu proses oksidasi besi dan pembentukan besi oksida yang diikuti oleh presipitasi. Hasil Analisis sampel air yang dilakukan dengan metode AAS menunjukkan bahwa seiring dengan semakin besarnya beda potensial yang digunakan, Fe yang tereduksi semakin besar. Adapun penurunan tertinggi terjadi pada 20 volt sebesar 99,7% Untuk presipitat yang dihasilkan dianalisis dengan metode XRD dimana hasil analisis menunjukkan bahwa presipitat yang dihasilkan merupakan magnetite murni dalam bentuk kristalin.*

**Kata kunci :** air tanah, elektrokoagulasi, penurunan kandungan besi.

## IRON (Fe) REMOVAL FROM GROUND WATER BY ELECTROCHEMICAL METHOD

### **Abstract**

*The presence of iron in raw water exceeds the permitted level to the attention of scientists, government, and society especially its impact on health. Therefore, iron (Fe) removal in acid mine water and ground water by electrochemical method using iron electrode was studied. The electrolysis process was carried out in batch reactor for 6 hours, the distance between the electrodes was set 2 cm, and the voltage varied. Principally, the iron removal was consisted two steps: iron oxidation process and iron oxide formation followed by precipitation. The result of AAS method shows that percentage Fe removal increases in raw water as the voltage increases. The highest Fe removal occurred at 20 volt was 18.8%. The result of XRD showed that the precipitates were pure magnetite in crystalline form.*

**Keyword:** electrocoagulation, ground water, iron removal.

## PENDAHULUAN

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan dasar bagi keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Namun ironisnya, air bersih semakin langka saat ini. Pemanfaatan air tanah menjadi salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan air bersih pun menemui kendala di beberapa daerah. Secara alamiah kandungan mineral yang cukup tinggi di beberapa daerah tertentu menyebabkan air tanah di daerah tersebut tidak layak jika digunakan dan salah satu mineral tersebut yaitu Fe. Oleh karena itu, diperlukan kajian komperhensif untuk mengolah air yang mengandung sejumlah mineral tersebut sehingga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Dalam kajian kali ni, penulis fokus pada penurunan kandungan besi dalam air tanah.

Besi merupakan salah satu jenis logam yang keberadaannya sangat melimpah di alam. Konsentrasinya dalam air secara alami biasanya berkisar antara 0-50 mg/L. Selain itu, keberadaan besi dalam air juga dapat berasal dari aktivitas pertambangan dan industri baja. Adapun WHO (World Health Organization) memberikan ambang batas sebesar 0,3 mg/L untuk standar air minum (WHO, 1996). Keberadaan besi dengan konsentrasi yang tinggi dalam air menyebabkan air berubah menjadi kuning kemerahan setelah kontak beberapa saat dengan udara. Penggunaan air dengan konsentrasi Fe tinggi juga menyebabkan gangguan kesehatan, menimbulkan bau yang kurang enak, dan menyebabkan kerak pada dinding bak kamar mandi, serta bercak kuning pada pakaian. Berbagai metode untuk mereduksi kandungan besi dalam bahan baku air bersih telah dikaji, diantaranya metode elektrokoagulasi, metode oksidasi/filtrasi, pertukaran ion, *lime softening*, adsorpsi, karbon aktif dan material filtrasi lainnya, ekstraksi fluida superkritis, dan lainnya. Dari berbagai metode yang dipaparkan tersebut, metode elektro-koagulasi memiliki keunggulan lebih dibandingkan metode lainnya dimana dengan menggunakan metode elektrokoagulasi, kandungan Fe di dalam air bisa dikurangi antara 95-99% dengan menggunakan rapat arus sebesar 0,01-0,04 A/m<sup>3</sup>. Adapun peralatan yang digunakan juga sederhana dan mudah dioperasikan (Chaturvedi and Dave, 2012). Di sisi lain, sintesis dan studi mengenai partikel magnetis berbasis besi dalam hal ini adalah besi oksida khususnya *magnetite* (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) semakin menarik perhatian para ilmuwan dan *engineer* karena luasnya aplikasi besi oksida tersebut dalam berbagai aspek kehidupan. Berbagai metode sintesis dikembangkan, baik konvensional (seperti ko-presipitasi), maupun alternatif (misalnya *sol-gel*, *spray*

*drying*, hidrotermal, dan elektrokimia) dalam rangka menemukan metode sintesis yang murah, efektif, dan efisien. Dari berbagai metode yang ada, elektrokimia patut dipertimbangkan, karena dengan metode tersebut *magnetite* berhasil disintesis dengan kemurnian tinggi dimana kristalinitas dan ukuran partikel yang dihasilkan dapat dikontrol dengan mengatur parameter sel elektrokimia seperti rapat arus/tegangan, jenis arus yang dialirkan, ataupun konsentrasi dan jenis elektrolit yang digunakan. Adapun bahan baku yang digunakan untuk mensintesis *magnetite* tersebut yaitu FeSO<sub>4</sub> sebagai sumber Fe dengan penambahan NaOH dengan tujuan mengondisikan larutan elektrolit dalam suasana basa (Fajaroh dkk, 2012; Setyawan dkk, 2014).

Sebagaimana yang telah disampaikan penulis, disatu sisi, ada permasalahan yang timbul karena tingginya konsentrasi Fe di dalam air dan disisi lain, Fe sendiri dibutuhkan sebagai bahan baku sintesis besi oksida. Oleh karena itu, didalam kajian kali ini, metode elektrokoagulasi digunakan untuk mereduksi kandungan Fe didalam bahan baku air bersih kemudian menggunakannya sebagai bahan baku untuk mensintesis *magnetite*.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Dalam penelitian ini, air tanah sebagai bahan kajian bertindak sebagai larutan elektrolit.

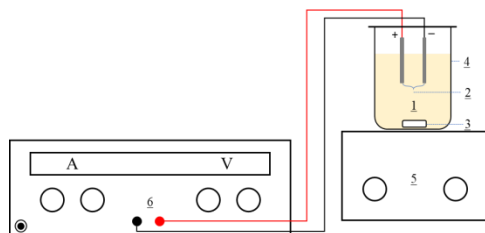
### Peralatan

Rangkaian alat Elektrokoagulasi lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 1. Peralatan terdiri dari *beaker glass* 600 ml sebagai reaktor elektrokoagulasi. Elektroda yang digunakan adalah lempeng besi berukuran 45x12x1 mm baik untuk anoda maupun katoda yang dipasang secara paralel dengan jarak 2 cm diantara keduanya. Selain itu, digunakan *DC power supply* (SANFIX SP-661) sebagai sumber arus dan *magnetic stirrer* untuk menjaga elektrolit dalam keadaan homogen.

### Prosedur

Proses elektrokoagulasi diawali dengan menyiapkan peralatan elektrokoagulasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, selanjutnya arus listrik dialirkan dengan beda potensial yang divariasikan dari 5 hingga 30 volt. Adapun elektrokoagulasi sendiri dilakukan secara *batch* selama 6 jam dan dalam kondisi teraduk, serta diamati secara periodik. Setelah proses elektrokoagulasi selesai dilakukan, presipitat yang diperoleh dipisahkan dan dikeringkan pada suhu 60°C. Air sampel baik sebelum dan sesudah elektrokoagulasi selanjutnya dianalisis dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk menge-tahui

komposisi dan konsentrasi relative unsur-unsur dalam air sampel. Sedangkan, presipitat yang dihasilkan dianalisis dengan menggunakan *X-ray Diffraction (XRD, Panalytical tipe E'xpert Pro)* untuk mengetahui struktur kristal dan komposisi fase.

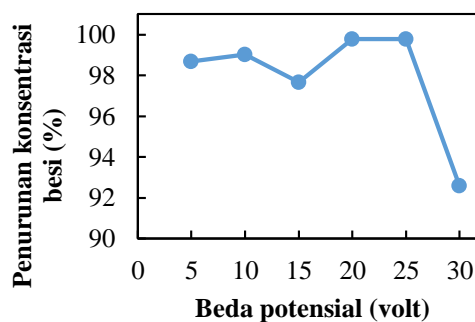


**Gambar 1.** Skema Peralatan untuk elektrokoagulasi. (1) Larutan elektrolit, (2) elektroda besi, (3) *stir bar*, (4) *beaker glass* 600 ml, (5) *magnetic stirrer*, dan (6) *DC power supply*.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Beda Potensial terhadap Penurunan Konsentrasi Fe di dalam Air.

Pengaruh perberian beda potensial terhadap penurunan konsentrasi besi di dalam air dilakukan dengan memberikan beda potensial berbeda yaitu 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 volt dimana elektrokoagulasi dilakukan dalam kurun waktu 6 jam dan jarak antar elektroda yang sama yaitu 2 cm. Grafik penurunan konsentrasi Fe di dalam air ditunjukkan oleh Gambar 2. Dari gambar tersebut, diketahui bahwa terdapat trend bahwa semakin besar beda potensial yang digunakan, maka Fe yang tereduksi dari air tanah semakin tinggi dan penurunan konsentrasi Fe tertinggi mencapai 99,791% atau sebesar  $\leq 0,02$  ppm (ambang batas Fe dalam air minum 0,3 ppm) dicapai saat elektrokoagulasi dilakukan dengan memberikan beda potensial sebesar 20 volt. Hal ini dimungkinkan karena dengan semakin besarnya beda potensial yang diberikan, maka pembentukan ion hidroksil yang selanjutnya akan bereaksi dengan  $Fe^{2+}$  membentuk  $Fe(OH)_2$  dan bertindak sebagai koagulan juga akan semakin melimpah (Subramanyan, 2009). Hanya saja terjadi penurunan pada penggunaan voltase 30 volt. Hal ini, dimungkinkan karena proses perpindahan elektron terlalu cepat sehingga pembentukan suspense menjadi tidak optimal, sehingga pada akhirnya menyebabkan penyerapan kontaminan besi pada air tanah juga menurun (Jati, B.M. dan Aviandharie, S.A., 2015).



**Gambar 2.** Pengaruh Beda Potensial terhadap Penurunan Konsentrasi Fe

Hasil penelitian yang dilakukan sesuai dengan beberapa penelitian yang dilakukan untuk mengkaji kemampuan metode elektrokimia dalam mereduksi polutan dalam air menunjukkan hasil yang sama yaitu semakin besar beda potensial yang diberikan maka akan memperbesar jumlah polutan yang tereduksi dalam air. Tidak hanya memperbesar jumlah polutan yang tereduksi, beda potensial yang diberikan juga berpengaruh terhadap kecepatan reduksi polutan itu sendiri. Dimana beda potensial yang diberikan akan berpengaruh terhadap jumlah koagulan yang terbentuk dan dengan semakin banyaknya koagulan yang terbentuk selanjutnya juga akan berdampak pada jumlah polutan yang tereduksi (Zhu et all, 2007; Chaturvedi and Dave, 2012). Selain itu, pemberian beda potensial juga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan ukuran flok, serta kecepatan pembentukan gelembung  $H_2$  pada sisi katoda (Un dkk, 2009; Gao dkk, 2010; Phadke, 2014). Namun yang perlu juga diperhatikan bahwa semakin besar beda potensial yang digunakan akan berdampak pada semakin besarnya konsumsi energi listrik yang digunakan (Yildiz dkk, 2007).

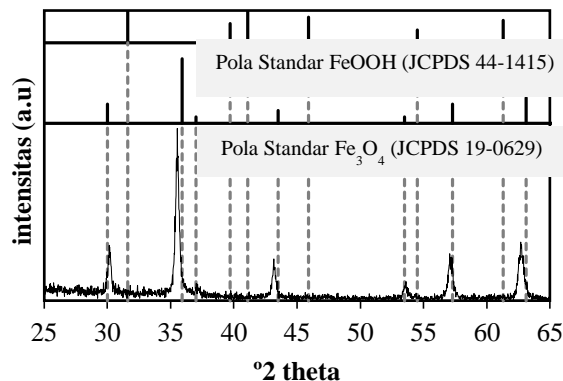
### Karakteristik Partikel yang Dihasilkan

Metode elektrokimia yang digunakan dengan tujuan untuk mereduksi konsentrasi Fe di dalam air tanah pada beda potensial 10 volt hingga 30 volt menghasilkan produk samping berupa endapan yang selanjutnya diidentifikasi sebagai besi oksida. Karakteristik besi oksida yang dihasilkan antara lain berupa serbuk halus berwarna hitam kecoklatan dan dapat ditarik oleh magnet (Gambar 3).



**Gambar 3.** Serbuk Besi Oksida Hasil Elektrokoagulasi

Selanjutnya, serbuk besi oksida yang dihasilkan, dianalisis dengan *X-ray Diffraction (XRD)*. Pola difraksi XRD (Gambar 4) memperlihatkan bahwa pola XRD dari serbuk besi oksida berkesesuaian dengan pola standar dari *magnetite* (JCPDS 10-0629) yakni pada sudut  $30.5^\circ$  (2 2 0),  $35.9^\circ$  (3 1 1),  $37^\circ$  (2 2 2),  $43.5^\circ$  (4 0 0),  $53.6^\circ$  (4 2 2),  $57.3^\circ$  (5 1 1) and  $63.1^\circ$  (4 4 0). Hal ini menunjukkan bahwa besi oksida yang dihasilkan adalah *magnetite* dengan kemurnian tinggi. Adapun hasil yang ada masih perlu dikonfirmasi dengan beberapa jenis metode analisis lainnya untuk memastikan kesimpulan yang sejauh ini diperoleh.



**Gambar 4.** Pola XRD besi oksida yang dihasilkan dengan beda beda potensial 15 volt

### SIMPULAN

Simpulan yang bisa diambil dari penelitian yang dilakukan yaitu penurunan konsentrasi Fe tertinggi mencapai 99,791% atau sebesar  $\leq 0,02$  ppm (ambang batas Fe dalam air minum 0,3 ppm) dengan menggunakan beda potensial 20 volt. Padatan yang dihasilkan melalui elektrokoagulasi menggunakan elektroda besi merupakan magnetite.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada DIPA Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas hibah penelitian yang telah diberikan (Skema Penelitian Dosen Pemula) serta kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Penulis sangat berharap ke depannya penelitian ini dapat memberikan kebermanfaatn ke masyarakat dan negara.

### DAFTAR PUSTAKA

- Chaturvedi, Shalini and Dave, Pragnesh, 2012 ; "Removal of iron for safe drinking water", *Desalination*, 202:1-11.
- Fajaroh, F., Setyawan, H., Widiyastuti, Winardi, S., 2012, "Synthesis of magnetite nanoparticles by surfactant-free electrochemical method in an aqueous system", *Advanced power technology*, 1-6.
- Gao, S., Yang, J., Tian, J., Ma, F., Tu, G., Du, M., 2010, "Electro-coagulation-flotation process for algae removal", *J. Hazard Mater*, 177: 336-343
- World Health Organization, (2004), *Guidelines for Drinking Water Quality, Recommendations*, 3rd ed. World Health Organization, Geneva.
- Setyawan, H., Fajaroh, F., Pusfitasari, M.D., Yuwana, M., Affandi, S., 2014, "A facile method to prepare high-purity magnetite nanoparticles by electrooxidation of iron in water using a pulsed direct current", *Asia-Pac. J. Chem. Eng.*, 9: 768-774.
- Jati, B.M., dan Aviandharie, S.A., 2015. "Kombinasi Teknologi Elektrokoagulasi dan Fotokatalisis dalam Mereduksi Limbah Berbahaya dan Beracun Cr (VI)". *Jurnal Kimia Kemasan*, Vol 37 No.2 : 133-140.
- Phadke, A., 2014, "Iron Removal Using Electro-Coagulation Followed by Floating Bead Bed Filtration (MSc thesis)", Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College
- Subramanyan, V., Lakshmi, J., dan Sozhan, G. (2009) "Studies on the Removal of Iron from Drinkin Water by Electrocoagulation-A Clean Process". Central Elektrochemical Research Insitute (CSIR), Karaikudi, India.
- Un, U.T., Koparal, A.S., Bakir Ogutveren, U., (2009), "Electrocoagulation of vegetable oil refinery wastewater using aluminum electrodes", *J. Environ. Manag.*, 90: 428-433

- Yilcin. S. Yildiz, Ali S. Kopalal, Sahset Irdemez, Bulent Keskinler, (2007), "Electrocoagulation of synthetically prepared waters containing high concentration of NOM using iron cast electrodes", *J. Hazardous Materials B139*, 373-380
- WHO, 1996. *Guideline for Drinking Water Quality*, vol. 3. WHO, Geneva, pp. 231–236
- Zhu, J., Zhao, H., Ni, J., (2007), "Fluoride distribution in electrocoagulation defluoridation process", *Sep. Purif. Technol*, 56:184-191