

## **PENGOLAHAN LIMBAH BESI BENGKEL BUBUT MENJADI KOAGULAN UNTUK PENJERNIHAN AIR**

**Sunardi, Kurnia Wijayanti**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi  
Jl. Let. Jen. Sutoyo, Telp. (0271) 852518 Fax. (0271) 853275 Surakarta  
E-mail : nardi\_usb@yahoo.com

### **ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah mengolah limbah besi dari bengkel bubut menjadi koagulan yaitu ferro sulfat untuk penjernihan air sungai. Limbah besi dari bengkel bubut dibersihkan, disaring dan diolah menjadi ferro sulfat. Pengolahan dilakukan dengan mereaksikan dengan asam sulfat 25% selama 2 hari. Kristal ferro sulfat disaring kemudian dilarutkan dengan air hangat dan disaring dalam keadaan hangat. Filtrat didinginkan sampai terbentuk kristal ferro sulfat kembali. Menyaring kristal ferro sulfat dan mengeringkan dalam desikator. Penjernihan air dilakukan dengan menambahkan 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 ppm larutan ferro sulfat. Parameter kualitas air yaitu pH dan TSS ditentukan sebelum dan sesudah penambahan koagulan ferro sulfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ferro sulfat dari limbah besi setelah dilakukan pemurnian memenuhi syarat mutu yang ditetapkan dalam SNI 06-4888-1998. Uji koagulasi ferro sulfat dari limbah besi untuk penjernihan air sungai dengan parameter pH dan TSS menunjukkan bahwa semakin besar dosis koagulan ferro sulfat % keefektifan semakin besar. Untuk pH % keefektifan pada dosis 60 ppm sebesar 57,44 % dan TSS sebesar 68,01%.

Kata kunci : limbah besi, ferro sulfat, koagulan, penjernihan air

### **ABSTRACT**

*The Research aimed to process iron waste from workshop bubut become the coagulant that is ferro sulphate for the depurating of irrigate the river. Iron waste from workshop bubut cleaned, filtered and processed to become the ferro sulphate. Processing done with reacting acid sulphate 25% during 2 day. Crystal of Ferro sulphate filtered later; then dissolved with the warm water and filtered in a state of warmness. Filtrat made cool crystalized by ferro sulphate return. Filtering crystal of ferro sulphate and dry in desikator. Depurating irrigate done by enhancing 10, 20, 30, 40, 50 and 60 ppm of condensation of ferro sulphate. Quality parameter irrigate that is pH and TSS determined before and after addition of coagulant ferro sulphate. Result of research indicate that the ferro sulphate from iron waste after done by purification up to standard quality of set in SNI 06-4888-1998. Test of coagulation ferro sulphate from iron waste for the depurating of irrigate the river with the parameter of pH and TSS indicate that ever greater of dose of coagulant ferro sulphate % ever greater effectiveness. For the pH of % effectiveness at dose 60 ppm equal to 57,44 % and TSS equal to 68,01%.*

Key words : iron waste, ferro sulphate, coagulant, water depurating

### **PENDAHULUAN**

Air merupakan kebutuhan manusia yang paling mendasar semakin langka dan sulit diperoleh. Konsumsi air bersih meningkat cepat, dan ketersediaan air di beberapa kawasan kemungkinan akan menjadi salah satu isu paling mendesak di abad 21. Sepertiga warga dunia hidup di dunia yang sudah mengalami kekurangan air pada tingkat menengah hingga berat. Jumlah tersebut diperkirakan dapat meningkat setengahnya atau lebih dalam 30 tahun ke depan, kecuali kalau lembaga-lembaga terkait mengubah kebijakan guna memastikan perbaikan dalam pelestarian dan alokasi air. Pada tahun 1995, lebih dari satu miliar penduduk di negara-negara berpendapatan menengah dan rendah serta 50 juta rakyat di negara berpenghasilan tinggi kekurangan air bersih yang aman untuk diminui, kesehatan, dan kebutuhan domestik. Angka-angka tersebut belum mengalami perbaikan hingga kini (Nugroho, 2003).

Akhir-akhir ini sulit untuk mendapatkan air bersih. Banyak sumber air yang biasa dipakai tidak sebegus dulu lagi. Memang banyak faktor yang menjadi penyebab. Masalah ini tidak hanya dialami oleh masyarakat perkotaan, tetapi masyarakat perdesaan juga memperoleh dampak buruk akibat kemajuan industri, yaitu susah mendapat air bersih. Penyebab susahya mendapatkan air bersih adalah adanya pencemaran air yang disebabkan oleh limbah rumah tangga, limbah pertanian, limbah industri, adanya pembangunan perumahan dan penjarahan hutan (Alamsyah, 2006).

Di sisi lain, industrialisasi di Indonesia yang tumbuh dengan cepat dapat menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat, yaitu pencemaran lingkungan. Salah satu bahan pencemar yang berbahaya adalah logam berat, antara lain besi yang dapat merugikan kesehatan masyarakat. Besi termasuk logam berat yang secara luas digunakan dalam industri.

Limbah besi dihasilkan dari limbah bengkel bubut dan industri pelapisan logam. Potensi limbah besi mencemari lingkungan sangat besar. Industri pelapisan logam menghasilkan sekitar 3-5 kg/bulan sedangkan bengkel bubut 10-20 kg/bulan. Limbah besi industri pelapisan logam dibuang begitu saja ke lingkungan sedangkan limbah besi bengkel bubut yang berukuran besar dijual dan yang kecil dibuang ke lingkungan (Sunardi dkk, 2007).

Limbah padat dari bengkel bubut selama ini kebanyakan dimanfaatkan untuk besi daur ulang dengan nilai ekonomi yang sangat rendah. Serbuk besi dari bengkel bubut yang berukuran sangat kecil biasanya tidak dimanfaatkan lagi, dibuang secara langsung dan hal ini menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan, karena limbah ini bersifat korosif dan menyebabkan kesuburan tanah menurun. Apabila limbah bercampur dengan air, maka air tersebut akan tercemar. Kandungan Fe yang sangat tinggi di dalam air akan menyebabkan biota dalam air mati dan keseimbangan ekologi akan terganggu (Sugiharto, 1997).

Atas dasar itu, pemanfaatan limbah besi menjadi koagulan sangat bermanfaat, karena di samping dapat mengurangi pencemaran lingkungan, juga dapat untuk menangani masalah penyediaan air bersih. Proses pembuatan ferro sulfat dari limbah besi adalah dengan cara mereaksikan larutan asam sulfat pada konsentrasi tertentu dengan limbah besi yang telah disaring dengan ukuran tertentu. Proses dilakukan pada suhu dan waktu tertentu. Endapan yang dihasilkan selanjutnya dianalisis kadar ferro sulfat sehingga dengan analisis ini dapat diketahui karakteristik dari ferro sulfat.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

**Bahan** yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah besi,  $H_2SO_4$  p.a., HCl p.a.,  $HNO_3$  p.a., dan aquabides.

**Alat** yang digunakan dalam adalah SEM-EDS merk *Jeol seri JSM-6360*, plastik, selang, peralatan gelas desikator, pompa vakuum, ayakan 200 mesh, kertas saring Whatman 42, neraca analitik, alu dan mortir dan alat-alat gelas.

### Pengolahan Limbah Besi menjadi Ferro sulfat, Pemurnian dan Karakterisasi

Memasukkan sejumlah limbah besi yang telah dibersihkan dan diayak ke dalam beaker glass yang telah berisi asam sulfat encer dengan kadar 25%. Menutup beaker glass dengan plastik yang dilengkapi dengan

selang pembuangan. Mendiamkan larutan dengan waktu 2 hari. Mengambil kristal yang terbentuk dengan cara disaring dengan pompa vakum kemudian dikeringkan dalam desikator. Melarutkan kristal ferro sulfat dalam aquabides hangat. Menyaring dalam keadaan hangat. Filtrat didinginkan hingga terbentuk kristal  $FeSO_4$  dengan kadar yang tinggi. Mengeringkan dalam desikator. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan SEM-EDS. Dengan alat ini dapat dilihat pula komposisi kimia daerah yang diamati.

### Penjernihan Air

Pada pengujian hasil ferro sulfat, maka dilakukan proses penjernihan air dengan menggunakan air sungai Bengawan Solo. Air hasil proses penjernihan ini kemudian dianalisis kekeruhan, kadar solid dan pH. Untuk proses penjernihan air sungai sebagai air proses industri, kondisi operasinya adalah waktu pengadukan 1-2 menit, dosis penambahan larutan ferro sulfat 10-30 ppm pada kecepatan pengadukan 100 rpm.

### Analisis Kualitas Air

Analisis kualitas air dilakukan sebelum dan sesudah penambahan koagulan ferro sulfat.

#### Analisis pH

Membilas elektrode dengan air suling sebanyak tiga kali dan dikeringkan dengan kertas yang lembut. Kemudian elektrode direndam di dalam contoh selama  $\pm 1$  menit selanjutnya dikeringkan dengan kertas yang lembut. Mengamati contoh dan merendam elektrode ke dalam contoh tersebut sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap. Perhitungan : derajat keasaman (pH) dapat langsung dibaca dari skala atau digital alat pH meter.

#### Analisis TSS

Menempatkan kertas ke dalam alat penyaring. Membilas kertas saring dengan air suling sebanyak 20 ml kemudian mengoperasikan alat penyaring. Mengulang pembilasan hingga bersih dari partikel-partikel halus pada kertas saring. Kertas saring diambil kemudian ditaruh di atas tempat khusus kertas saring. Kertas saring dikeringkan di dalam oven pada temperatur  $103-105^\circ C$  selama 1 jam. Kemudian didinginkan di dalam desikator selama 10 menit. Selanjutnya ditimbang dineraca analitik. Mengulangi langkah hingga diperoleh berat konstan (kehilangan berat < 4%) misalnya B mg. Selanjutnya menempatkan kertas saring tersebut di dalam desikator.

Menyiapkan kertas saring yang telah diketahui beratnya pada alat penyaring.

Contoh dikocok hingga merata dan dimasukkan ke dalam alat penyaring, banyaknya contoh yang diambil disesuaikan dengan kadar residu tersuspensi sehingga berat residu tersuspensi antara 2,5 mg sampai 200 mg. Menyaring contoh, kemudian residu tersuspensi dibilas dengan air suling sebanyak 10 ml dan dilakukan 3 kali pembilasan. Kertas saring diambil dan ditaruh ditempat khusus. Kemudian dikeringkan di dalam alat pengering pada suhu 103-105°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan di dalam desikator selama 10 menit. Kemudian ditimbang dengan neraca analitik. Mengulangi hingga diperoleh berat konstan (kehilangan berat < 4%) misalnya A mg. Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Mg/l residu tersuspensi} = \frac{(A - B) \times 100}{\text{ml contoh}}$$

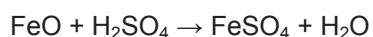
**A = Berat kertas saring berisi residu tersuspensi, dalam mg.**

**B = Berat kertas saring kosong, dalam mg. lerts dkk, 1987)**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pembuatan, Pemurnian dan Karakterisasi FeSO<sub>4</sub> dari Limbah Besi

Proses pembuatan ferro sulfat dari limbah besi adalah sebagai berikut :



Dari persamaan reaksi di atas, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dibuat berlebih sehingga terbentuk kristal ferro sulfat yang berwarna kehijauan (Douglass, 1974).

Kristal ferro sulfat yang dihasilkan kemudian dimurnikan dengan jalan rekristalisasi. Yaitu kristal dilarutkan dengan aquabides hangat dan disaring dalam keadaan hangat. Filtrat didinginkan sehingga terbentuk kristal FeSO<sub>4</sub> kemudian dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil kristal

FeSO<sub>4</sub> sebelum dan sesudah pemurnian tampak dalam tabel 1

Analisis kualitatif untuk mengetahui mikrostruktur ferro sulfat digunakan *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS)*. Instrumen yang digunakan adalah SEM/EDS merk *Jeol* seri *JSM-6360*. Metode standar yang digunakan adalah metode *Secondary Electron Image (SEI)* dengan preparasi coating emas. Kondisi operasi dilakukan tegangan 10 keV dan perbesaran 100x, 500x, 1000x dan 5000x.

Dari citra SEM dengan perbesaran 100x dan 1000x (Gambar 2) tampak jelas bahwa ferro sulfat dari limbah besi memiliki struktur berongga dengan ukuran diameter 1-2 μm. Adanya rongga menyebabkan luas permukaan ferro sulfat menjadi sangat besar. Luas permukaan spesifik ini terbuka pada dispersi dalam air, disertai kemampuan mengembang yang sangat tinggi menyebabkan ferro sulfat dapat menerima ion dan senyawa apabila digunakan sebagai koagulan.

Untuk mengetahui kandungan unsur dan senyawa dalam ferro sulfat dari limbah besi, pengamatan SEM dilanjutkan dengan analisis *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)*. Pengujian aspek kuantitatif untuk mengetahui kandungan unsur dalam ferro sulfat dari limbah besi dilakukan terhadap citra SEM perbesaran 1000x diperoleh grafik sebagaimana diberikan dalam Gambar 3. Hasilnya disarikan dalam Tabel 2.

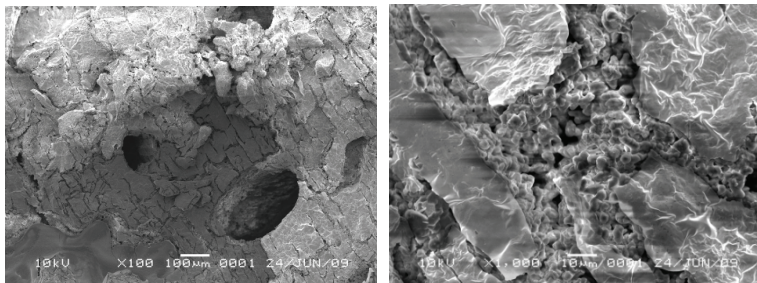
Dari grafik di atas tampak bahwa unsur yang dominan adalah Fe sebesar 54,46%, O sebesar 33,55% dan S sebesar 11,99%. Temuan penting dari analisis EDS ini adalah tidak ditemukannya logam-logam berat berbahaya seperti Ar, Pb, Hg, Cd, Cr, Ni, Cu dan Mn. Sedangkan standar mutu ferro sulfat dalam Standar Nasional Indonesia 06-4888-1998 (1998) disajikan dalam tabel 5.



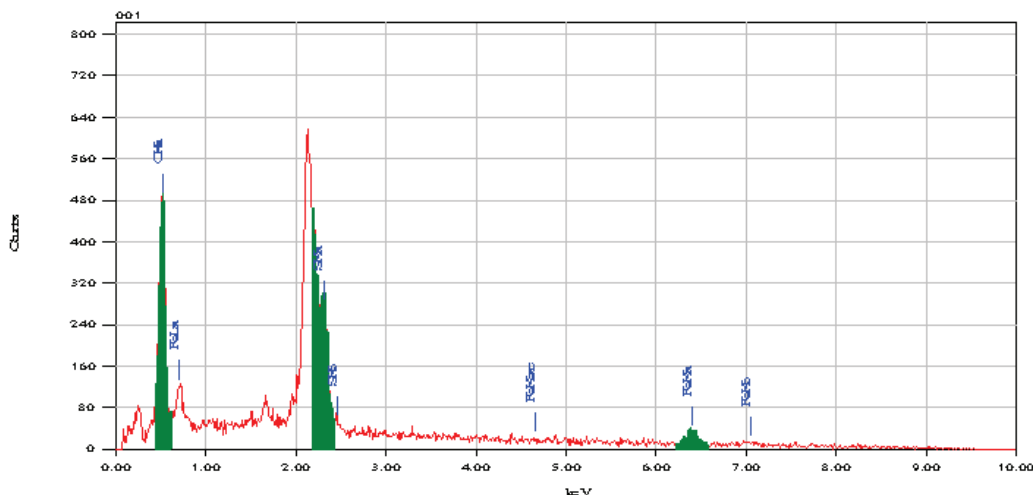
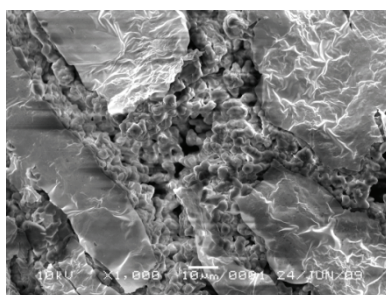
Gambar 1. Limbah besi, FeSO<sub>4</sub> sebelum pemurnian, FeSO<sub>4</sub> setelah pemurnian

Tabel 3. Hasil pembuatan FeSO<sub>4</sub> sebelum dan sesudah pemurnian

Bahan	Waktu proses	Berat kristal (g) sebelum pemurnian	Berat kristal (g) sesudah pemurnian
250 gr limbah besi dan 25%	2 hari	761,878 g	255,163 g



Gambar 2. Citra SEM FeSO<sub>4</sub> dari limbah besi



Gambar 3. Citra SEM perbesaran 1000x untuk analisis EDS dan hasil scanning elemental EDS

Tabel 4. Kandungan unsur dalam Ferro sulfat dari limbah besi berdasarkan analisis SEM-EDS

Unsur	Energi (keV)	Massa (%)	Kesalahan (%)
O	0,525	39,02	0,48
S	2,307	10,95	0,91
Fe	6,399	50,03	13,86
<b>Jumlah</b>		<b>100,00</b>	

Tabel 5. Standar mutu ferro sulfat menurut SNI 06-4888-1998

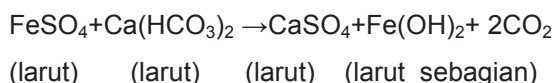
Unsur/Senyawa	Kadar
Besi (Fe)	Min 19,0%
Feri sulfat (Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> )	Maks 0,5%
Tembaga (Cu)	Maks 0,002%
Mangan (Mn)	Maks 0,1%



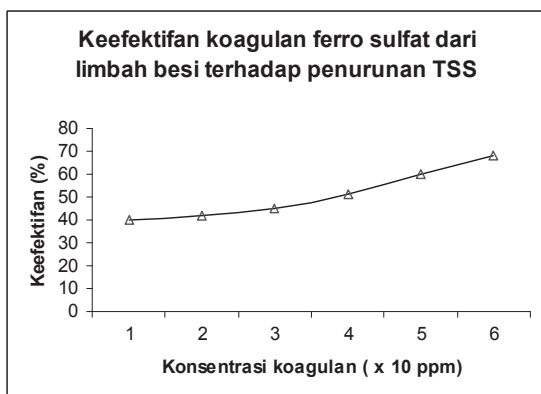
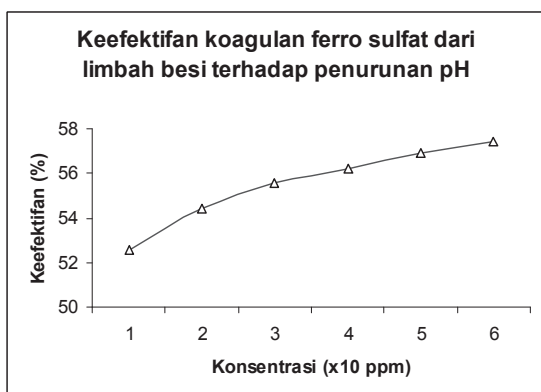
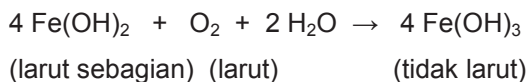
Hal ini berarti ferrosulfat dari limbah besi memenuhi standar mutu yang disyaratkan dalam SNI sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar kimia khususnya koagulan.

**B. Penjernihan Air dengan Koagulan Ferro sulfat dari Limbah Besi**

Ferro Sulfat mempunyai rumus kimia  $FeSO_4$  dikenal dengan nama copperas. Koagulan ferro sulfat akan bereaksi dengan *natural alkalinity* yang terdapat dalam yaitu  $Ca(HCO_3)_2$  untuk membentuk ion aquometalik  $Fe(OH)_2$  atau flok. Namun ion aquometalik yang terbentuk bersifat larut sebagian, seperti yang terlihat pada reaksi di bawah ini :



Jika kondisi air mempunyai pH lebih besar 6, maka ion  $Fe(OH)_2$  akan segera teroksidasi menjadi  $Fe(OH)_3$  dan dengan oksigen yang terlarut dalam air membentuk flok yang sangat tidak larut dengan reaksi sebagai berikut :



Gambar 4. Keefektifan ferro sulfat dari limbah besi terhadap penurunan pH dan penurunan TSS

Penggunaan koagulan ferro sulfat dari limbah besi terhadap penurunan pH dan TSS mempunyai keefektifan seperti tampak pada gambar 5.

Dari gambar 5 di atas, terdapat kecenderungan yang sama bahwa % keefektifan penurunan pH dan TSS meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi koagulan ferro sulfat.

Partikel yang tersuspensi/koloid dalam air pada umumnya bermuatan negatif. Karena adanya pengaruh muatan negatif tersebut, ion-ion positif yang terdapat dalam air akan tertarik ke sekeliling partikel koloid dan membentuk suatu lapisan awan, yang disebut awan ionik. Awan ionik akan menimbulkan potensial elektrostastik yang dapat menyebabkan timbulnya gaya tolak menolak antara partikel koloid, yang menyebabkan koloid bersifat stabil.

Ketika suatu koagulan ditambahkan, koagulan tersebut akan terionisasi dalam air. Ion-ion inilah yang kemudian akan mengurangi gaya potensial elektrostastik yang ada. Hal ini dimungkinkan sebab ion-ion tersebut akan mengkompresi lapisan awan ionik, sehingga membuat gaya van der waals semakin dominan dibanding dengan potensial elektrostastik. Karena gaya yang ditimbulkan oleh gaya elektrostastik semakin melemah, maka ion aquometalik yang mempunyai afinitas besar akan teradsorb pada permukaan kolid, sehingga proses penetralkan atau destabilisasi koloid terjadi. Setelah proses destabilisasi terjadi, maka awan ionik yang pada awalnya menyelubungi partikel koloid menghilang, sehingga kontak partikel antar koloid satu dengan koloid lainnya dapat terjadi.

Semakin tinggi dosis koagulan yang ditambahkan, maka semakin banyak io-ion aquometalik  $Fe(OH)_3$  yang mendestabilisasi kolid, sehingga semakin banyak flok yang terbentuk yang akhirnya mengendap. Hal ini menyebabkan % keefektifan koagulan meningkat.

Pada penurunan pH, dosis 10 sampai 70 ppm terjadi kenaikan % keefektifan secara signifikan. Parameter pH air setelah penambahan koagulan ferro sulfat berkisar antara 3,83 – 4,27. Hal ini menunjukkan bahwa ferro sulfat Sedang pada penurunan TSS, dosis 10-30 ppm tidak terlalu berbeda jauh tetapi dosis 40 - 70 ppm terjadi kenaikan secara signifikan. Hal ini disebabkan semakin tinggi dosis semakin banyak flok yang terbentuk, sehingga membuat % keefektifan meningkat.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis pembahasan tersebut di atas, maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ferro sulfat dari limbah besi setelah dilakukan pemurnian diperoleh kadar 100% dan memenuhi standar yang ditetapkan dalam SNI 06-4888-1998 tentang Syarat Mutu Ferro Sulfat, terutama kadar Fe 50,03% dan tidak mengandung logam Cu dan Mn.
2. Kualitas air sungai sesudah pengolahan dengan ferro sulfat dari limbah besi mengalami peningkatan. Untuk parameter pH % keefektifan sebesar 56,89% sedangkan parameter TSS % keefektifan sebesar 68,01%.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih Penulis ucapkan kepada DP2M DIKTI Departemen Pendidikan Nasional yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Dosen Muda 2009 dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Nomor: 012/006.2/PP/KT/2009 hingga selesai dengan baik.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alamsyah, S., 2006, *Penyediaan Air Bersih untuk Rumah Tangga*, Edisi I, Jakarta, Penerbit Kawan Pustaka.
- Alaerts, G dan Santika, S.S, 1987, *Metoda Penelitian Air*, Surabaya, Usaha Nasional.
- Douglass, M, 1974, *Chemical and Process Technology Encyclopedia*, hal 1069, New York, McGraw Hill Book Company.
- Nugroho Y, 2003, *Ketika Hidup Dijarah: Catatan Atas Intervensi Privat pada Sektor Layanan Dasar*, Jakarta, Widya Sari Press.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 1998, *Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances*, Code of Federal Regulations. 29 CFR 1910.1000.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Cetakan Pertama, Jakarta UI Press.
- Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Vogel, 1990, Terjemahan Ir. L. Setioni dkk, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semi Mikro*, Edisi V, Jakarta Kalman Media Pustaka.
- Sunardi, Petrus Darmawan, 2007, *Pemanfaatan Limbah Besi Bengkel Bubut Untuk Pembuatan Ferrosulfat*, Laporan Penelitian, LPPM Universitas Setia Budi Surakarta.

**Surat Kabar dan Internet:**

<http://digilib.che.itb.ac.id>

www.menristek.go.id, *Komersialisasi Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair*, Jum'at, 11 Agustus 2006.

www.whosea.org, *Pengolahan Air Minum Secara Darurat pada Tingkat Pengguna*.

www.qwaterindonesia, *Air Berkualitas Untuk Hidup Berkualitas*.

**TANYA JAWAB**

1. Penanya : Asep Nurhikmat (LIPI)

**Pertanyaan :**

Sampai seberapa jauh penambahan mencapai optimal?

**Jawaban :**

Untuk Ph diperoleh optimum pada pH 7. Untuk TSS akan diperoleh optimum apabila sudah tidak ada partikel yang diendapkan lagi.

2. Penanya : Sri Mulyani (UNS)

**Pertanyaan :**

Apakah pemanfaatan koagulan dari limbah besi dapat digunakan untuk menjernihkan air sumur yang berwarna kuning?

**Jawaban :**

Secara teoritis bisa digunakan, tetapi pada penelitian ini yang dianalisis hanya pH dan TSS.