

Pemanfaatan Besi Berkarat Menjadi Senyawa Besi (III) Amonium Sulfat sebagai Bahan Koagulan

Agustinus Ngatin¹, Rony Pasonang Sihombing²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
Email : agustinus.ngatin@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, 40012
Email : rony.pasonang.sihombing@polban.ac.id

ABSTRAK

Besi berkarat merupakan senyawa besi oksida yang mencemari lingkungan, akibat tumpukan besi yang kotor, berwarna coklat dan kurang menarik. Untuk mengurangi pencemaran ini dapat dilakukan pengubahan besi berkarat menjadi senyawa besi (III) ammonium sulfat yang bermanfaat sebagai bahan koagulan pada pengolahan limbah industri, pengikat warna pada proses pewarnaan tekstil. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan besi berkarat menjadi senyawa besi (III) aonium sulfat dengan menentukan pengaruh jumlah asam sulfat 20% dan H₂O₂ 10% sebagai oksidator Fe²⁺ menjadi Fe³⁺ untuk menghasilkan % produk optimal. Sintesis besi (III) dilakukan secara batch pada suhu 80 °C dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 45 menit, ditambah larutan H₂O₂ 10% untuk mengubah Fe²⁺ menjadi Fe³⁺ dilanjutkan pemanasan sampai jenuh, didinginkan sampai terbentuk kristal. Kristalnya diamati, ditimbang dan dimanfaatkan sebagai koagulan pada pengolahan air limbah. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi operasi untuk 3,0 gram besi berkarat ditambah 50 mL larutan asam sulfat 20% dan 5 mL-10mL hidrogen peroksida 10% menghasilkan besi (III) ammonium sulfat mencapai 94 % produk. Besi (III) ammonium sulfat merupakan kristal berwarna putih terang, berbentuk rombis, dan bersifat higroskopis.

Kata kunci

Besi berkarat, sintesis, besi (III), koagulan

1. PENDAHULUAN

Besi berkarat merupakan limbah logam yang menumpuk dan mencemari lingkungan. Untuk mengurangi limbah besi, dilakukan upaya untuk mengubah menjadi senyawa besi yang bermanfaat dan memberikan nilai tambah. Senyawa besi adalah besi (II) sulfat sebagai bahan pengikat zat warna dan sumber ion Fe²⁺ untuk keperluan analisis volumetric, besi (III) sulfat atau besi (III) ammonium sulfat sebagai bahan koagulan pengolahan limbah industry dan air jernih¹⁾ serta pengikat zat warna, dan besi (III) klorida sebagai pelarut lapisan tembaga di permukaan PCB.¹⁾

Besi berkarat merupakan senyawa besi (III) oksida yang sering disebut "karat". Karat adalah produk reaksi logam besi dengan udara lembab sesuai reaksi: $4Fe + 3O_2 + xH_2O \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ 1)

Besi berkarat tidak dapat digunakan, kotor dan umumnya dibuang sebagai limbah atau barang bekas yang dijual dengan harga yang murah berkisar Rp4000/kg. Namun, jika besi berkarat diolah menjadi senyawa besi (III) ammonium sulfat yang dapat digunakan untuk bahan koagulan dengan harga sekitar

Rp15.000 /kg, akan dapat meningkatkan nilai ekonomi dan mengurangi pencemaran lingkungan

Pengubahan besi berkarat menjadi besi (III) sulfat memerlukan bahan baku yang murah yaitu besi berkarat dan asam sulfat. Reaksinya menghasilkan besi (III) sulfat dan air sesuai reaksi: $Fe_2O_{3(s)} + 3H_2SO_4(aq) \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O(l)$ 2), dan tidak menghasilkan gas buang yang berbahaya. Untuk reaksi besi dengan asam sulfat encer menghasilkan besi (II) sulfat, dengan H₂O₂ menghasilkan besi (III) sulfat dan air, sesuai reaksi : $2FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$ 3)

Hidrogen peroksida (H₂O₂) merupakan oksidator yang mengoksidasi besi (II) menjadi besi (III). Produk besi (III) ammonium sulfat dapat dimanfaatkan sebagai sampel bahan koagulan, sehingga penelitian ini memiliki nilai tinggi yang dapat mengembangkan ilmu serta mengurangi limbah atau pencemaran lingkungan.

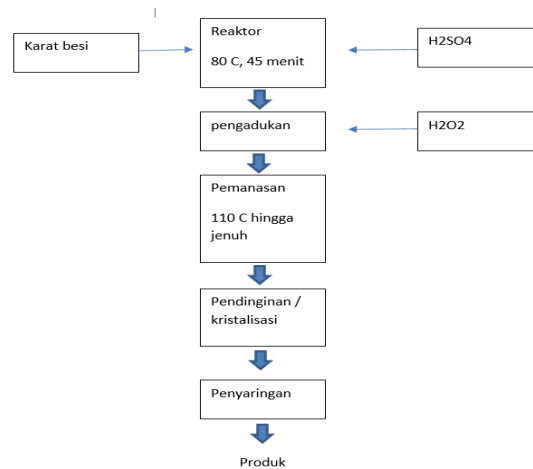
Berdasarkan uraian tersebut, maka permasalahan yang timbul adalah berapa volume H₂SO₄ 20% dan H₂O₂ 10% diperlukan untuk setiap 3,0 gram besi berkarat untuk mendapat persen yield besi(III) ammonium

sulfat yang maksimal ?, dan bagaimana karakteristik kristal besi (III) ammonium sulfat yang dihasilkan !. Untuk itu, tujuan penelitiannya adalah menentukan volume H_2SO_4 20% diperlukan untuk 3 gram besi berkarat, menentukan volume H_2O_2 20% untuk menghasilkan persen yield maksimum, dan mengamati karakteristik $Fe(NH_4)(SO_4)_2$ yang dihasilkan.

Besi (III) ammonium sulfat $[FeNH_4(SO_4)_2]$, kristal berwarna putih, bersifat dan terurai jika dipanaskan hingga suhu $480^\circ C$, bersifat korosif terhadap aluminium, beton, bersifat asam tetapi lebih stabil dibandingkan besi (II) sulfat. Besi (III) sulfat merupakan hasil oksidasi dari besi (II) sulfat mempunyai daya koagulasi yang lebih besar³⁾, mempunyai efek koagulan 11x lebih besar dibandingkan besi (II)⁴⁾. Untuk itu besi (II) sulfat diubah menjadi besi (III) sulfat agar dapat meningkatkan manfaat dari limbah besi. Besi (III) sulfat dapat digunakan sebagai bahan koagulan pada penjernihan air dan penghilangan zat warna pada limbah tekstil. Penghilangan zat warna limbah tekstil ini dapat dilakukan menggunakan besi (III) sulfat dengan pengadukan 60 – 100 rpm selama 1 – 3 menit pada rentang pH 5 hingga 9⁵⁾.

2. METODOLOGI PENELITIAN

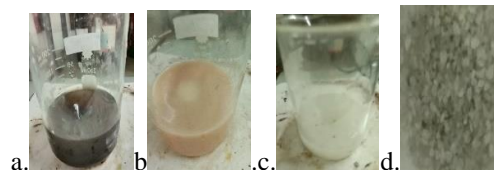
Instrumen pada sintesis senyawa besi (III) ammonium sulfat menggunakan neraca analitik, alat gelas seperti gelas kimia, gelas ukur, pemanas yang dilengkapi dengan pengaduk magnet. Bahan kimia yang diperlukan meliputi karat besi, larutan asam sulfat 20%, hydrogen peroksida 10%, dan amoniak 10%. Proses sintesisnya dilakukan dengan mereaksikan besi berkarat dengan larutan asam sulfat pada suhu $80^\circ C$ diaduk selama 45 menit, ditambah hydrogen peroksida 10% sampai terbentuk larutan jernih, dipanaskan, didinginkan sampai terbentuk kristal putih jernih. Kristal dikeringkan, ditimbang, diamati dan dicatat. Secara skematis, sintesis besi (III) sulfat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sintesis besi (III) sulfat

3. HASIL DAN DISKUSI

Sintesis besi (III) ammonium sulfat menggunakan bahan baku besi berkarat yang berwarna coklat, direaksikan dengan larutan asam sulfat 20% menghasilkan larutan yang berwarna hijau, coklat dengan penambahan larutan hydrogen peroksida (H_2O_2) menghasilkan larutan yang berwarna coklat yang lama-lama menghasilkan endapan berupa kristal berwarna putih terang dengan penambahan amonium sampai pH 3. Secara visual hasil sintesis besi (III) ammonium sulfat dapat ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.

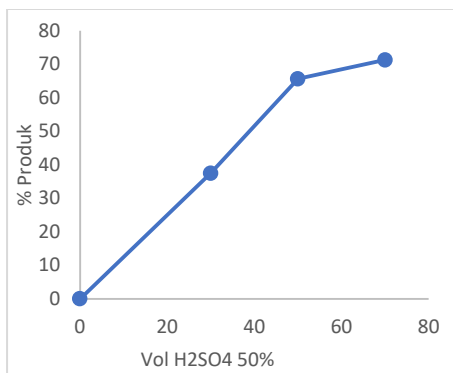


Gambar 2. a. penambahan H_2SO_4 , b awal+ H_2O_2 , c. larutan jernih, d. Kristal

Berdasarkan Gambar 2 ditunjukkan warna hijau coklat akibat terjadi reaksi besi berkarat (FeO dan Fe_2O_3) bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan senyawa besi (II) sulfat dan besi (III) sulfat seperti ditunjukkan pada reaksi 2), dan gambar 2b berubah menjadi coklat muda saat penambahan hydrogen peroksida akibat terjadi reaksi oksidasi yang akhirnya berubah menjadi keruh saat semua ion Fe^{2+} berubah menjadi Fe^{3+} seperti ditunjukkan pada reaksi 3)

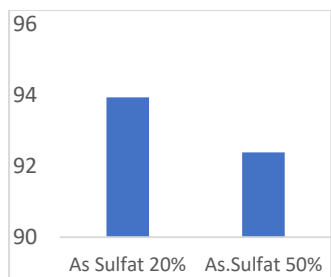
3.1 Pengaruh Asam Sulfat

Konsentrasi asam sulfat 20% dengan variasi volume 30 mL, 50 mL, dan 70 mL dengan penambahan 25 mL hydrogen peroksida (H_2O_2) 10% menghasilkan % produk seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh asam sulfat 20%

Gambar 3 ditunjukkan bahwa penambahan larutan asam sulfat menghasilkan produk semakin meningkat yaitu 65,67% untuk penambahan 50 mL asam dan 70 mL asam menghasilkan 71,26 %. Hal ini membuktikan bahwa semua oksida besi menjadi senyawa besi (III) sulfat juga semakin meningkat²⁾. Jika konsentrasi asam sulfat berbeda yang ditambahkan pada 3,0 gram besi berkarat dengan jumlah volume sama dihasilkan produk seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

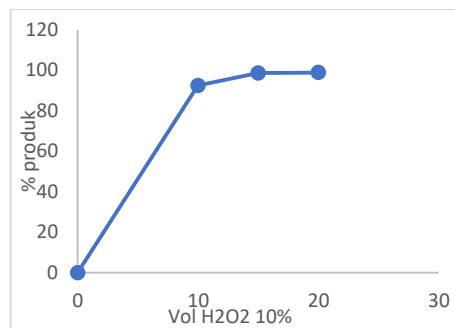


Gambar 4. Pengaruh konsentrasi asam sulfat

Gambar 4 menunjukkan pada penambahan asam sulfat dengan konsentrasi 20% menghasilkan efisiensi sedikit lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 50% yaitu terjadi perbedaan sekitar .Ini diakibatkan konsentrasi asam sulfat semakin meningkat sifat oksidator semakin besar, sehingga menyebabkan proses pelarutan senyawa semakin berkurang dan menyebabkan produk juga menurun.

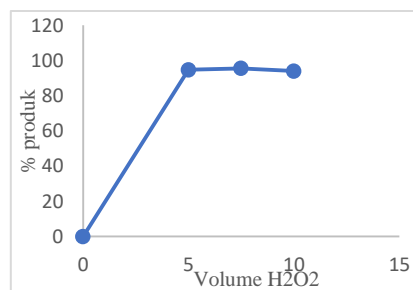
3.2 Pengaruh Volume H₂O₂

Hidrogen peroksida (H₂O₂) berfungsi untuk mengoksidasi ion Fe²⁺ menjadi Fe³⁺, sehingga semakin meningkatnya jumlah hidrogen peroksida berarti semakin meningkatnya jumlah ion Fe³⁺ dan diharapkan menghasilkan senyawa besi (III) sulfat yang semakin meningkat. Persen produk dengan variasi volume hydrogen peroksida ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5. Pengaruh H₂O₂

Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan 10 mL, 15mL, dan 20 mL hidoksida peroksida terhadap % produk hampir sama ini yaitu berturut -turut 92,4 % , 98,6%, dan 98,8 %. Ini berarti dengan penambahan 10 mL H₂O₂, 10% sudah mampu mengoksidasi Fe²⁺ menjadi Fe³⁺, sehingga menghasilkan senyawa besi (III) sulfat maksimum. Hal ini ditunjukkan untuk penambahan 5 mL, 7,5 mL, dan 10 mL ke dalam 3,0 gram besi berkarat dan 50 mL asam sulfat 20% menghasilkan % produk seperti Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh H₂O₂

Gambar 6 volume H₂O₂ mulai 5 mL, 7,5 mL dan 10 mL menghasilkan produk mencapai 94 %, untuk penambahan 5 mL H₂O₂ = 94,76%, 7,5 mL = 95,55% dan 10 mL = 93,95%. Ini berarti volume hydrogen peroksida yang diperlukan untuk mengoksidasi Fe²⁺ menjadi Fe³⁺ cukup 5 mL sudah cukup untuk menghasilkan produk mencapai 94%.

3.3 Karakteristik Senyawa besi (III) ammonium sulfat

Senyawa besi (III) ammonium sulfat mempunyai karakteristik berwarna putih terang seperti dtunjukkan pada Gambar 1.a,dan dapat dimanfaatkan sebagai koagulan pada pengolahan limbah⁵⁾.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa volume asam sulfat 20% yang ditambahkan pada 3,0 gram besi berkarat menghasilkan % produk semakin meningkat,

penambahan volume hidrogen peroksida 10% ke dalam hasil pelarutan 50 mL asam sulfat 20% terhadap 3,0 gram besi berkarat cukup ditambahkan sekitar 5 ml, dan besi (III) ammonium sulfat mempunyai karakteristik kristal berwarna putih terang berbentuk Rhombis dan bersifat higroskopis dan digunakan sebagai koagulan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Politeknik Negeri Bandung melalui Penelitian Pemula menggunakan dana PNBP dengan Surat Perjanjian nomer 140.8/PL1.R7/PG.00.03/2020.

PUSTAKA

- [1] Aladin, A., Syarif, S., Wiyani, L., & Rismawati, R. (2010.). *Pengolahan Serbuk Limbah Besi Menjadi Besi (III):Tinjauan Kinetika Model Quasi Steady State*. 13, 74-75.
- [2] Vogel, (1990), "*Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*", cetakan kedua, 157-162, 257. PT. Kalman Media Pusaka, Jakarta.
- [3] Megawati. (2004). *Kinetika reaksi oksidasi fero sulfat menjadi feri sulfat*, Master Tesis, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [4] Ronnholm, M.R., Warna, J., Salmi, T., Turunen, I., and Luoma, M., (1999), *Kinetics of Oxidation of Ferrous Sulfate with Molecular Oxygen*, Chem. Eng. Sci., 54, 4223-4232.
- [5] Pemerintah Indonesia. 2001. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang baku mutu air limbah. Lembaran RI 2014 Tahun 2014 No.29-30. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- [6] Risidanto, Dian. (2007). *Optimasi Proses Koagulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu.*, Semarang : Universitas Diponegoro.