

Studi Gangguan Cu^{2+} pada Analisa Besi(III) dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin pada pH 3,5 secara Spektrofotometri UV-Vis

Steven Wang dan R. Djarot Sugiarto

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: djarot@chem.its.ac.id

Abstrak— Pada penelitian ini telah dilakukan studi gangguan ion Cu(II) terhadap analisa besi dengan pengompleks 1,10-fenantrolin pada pH 3,5 secara spektrofotometri UV-Vis. Kompleks $\text{Fe(III)-fenantrolin}$ memiliki panjang gelombang maksimum 317 nm. Koefisien korelasi (r) yang diperoleh pada kurva kalibrasi adalah 0,9943. Hasil menunjukkan bahwa ion Cu(II) mulai mengganggu analisa besi pada konsentrasi 0,3 ppm dengan persen (%) recovery sebesar 64,42% dengan RSD 203,4 ppt dan CV 20,34%.

Kata Kunci— Fe^{3+} , 1,10-fenantrolin, spektrofotometer UV-Vis.

I. PENDAHULUAN

Besi merupakan kebutuhan pasti bagi semua makhluk hidup, termasuk manusia dan sebagian besar spesies bakteri. Semua tumbuhan dan hewan menggunakan besi, dan ini dapat ditemukan pada berbagai macam sumber makanan. Penggunaan industri dari Fe dan senyawanya sangat banyak. Fe berperan besar pada proses pembuatan baja. Beberapa bentuk oksida Fe digunakan sebagai pigmen pada cat, senyawa penggosok, tinta magnetik dan pelapis untuk pita magnetik. Garam terlarutnya dapat digunakan sebagai katalis, pigmen, pupuk, desinfektan, dan lain-lain [1]. Dalam larutan, besi berupa dalam bentuk ion divalen atau trivalen. Biasanya, Fe akan lebih mudah membentuk senyawa dalam bentuk Fe^{3+} dibandingkan Fe^{2+} serta dapat membentuk kompleks yang stabil dengan senyawa tertentu [2].

Besi (Fe, massa atom 55,85) terdapat dalam larutan dengan bilangan oksidasi II dan III. Pada umumnya senyawa Fe(III) lebih stabil. Fe(OH)_2 diendapkan pada pH diatas 7,5 dan Fe(OH)_3 di atas pH 2-3. Kedua hidroksida tersebut tidak menunjukkan sifat asam. Fe(II) menunjukkan sifat yang sama dengan Ni(II) dan Zn(II) , membentuk kompleks sianida yang stabil. Fe(III) membentuk kompleks fluoride, klorida, sianida, EDTA, tartrat, dan oksalat. Dalam suasana media asam, Fe(III) bertindak sebagai oksidator [3].

Beberapa metode analitik telah dilakukan dalam penentuan besi dalam penelitian adalah *Flow-Injection Potensiometri* [4], *HPCE (High Performance Capillary Electrophoresis)* [5], *Adsorptive Cathodic Stripping Voltametry* [6], dan Spektrofotometri UV-Vis. Penentuan besi secara spektrofotometri UV-Vis telah banyak digunakan karena prosesnya yang cepat, mudah, dan murah. Dalam penentuan secara spektrofotometri, logam besi (Fe(II) atau Fe(III)) perlu

dikomplekskan terlebih dahulu agar dihasilkan larutan dengan warna yang spesifik di mana larutan kompleks tersebut akan dianalisa dengan spektrofotometer UV-Vis [7].

Dalam penentuan Fe, telah banyak reagen pengompleks yang digunakan dalam penelitian selama lebih dari dua dekade seperti : 1,10-fenantrolin, batofenantrolin, TPTZ, Eriochrome Cyanine R-CTA, formaldoxime dan ferrozine. Dari semua reagen yang telah diusulkan dan dilakukan, reagen yang paling sering digunakan adalah 1,10-fenantrolin karena dapat membentuk kompleks yang relatif stabil dan tidak merubah nilai absorbansi dalam waktu tertentu.

Analisa besi menggunakan pengompleks 1,10-fenantrolin ini dapat ini dapat diganggu oleh beberapa ion logam misalnya mangan, tembaga, dan nikel. Ion Mn(II) , Ni(II) , dan Cu(II) mengganggu analisa besi dengan menurunkan absorbansi. Hasil penelitian yang telah dilakukan pada kondisi pH 4,5 menunjukkan bahwa ion Mn(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,06 ppm [8]; Ni(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,08 ppm [9]; dan ion Cu(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,06 ppm [10].

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, penentuan Fe(III) dengan pengompleks 1,10-fenantrolin dan juga studi gangguannya masih belum pernah dilakukan. Berdasarkan hal ini, maka akan dilakukan studi gangguan Cu^{2+} pada penentuan analisa besi khususnya spesi Fe^{3+} dengan pengompleks 1,10-fenantrolin secara spektrofotometri UV-Vis.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pembuatan Larutan Standar Besi(III) 100 ppm

Larutan Besi (III) 100 ppm diperoleh dengan melarutkan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,0484 gram dengan aqua DM hingga volumenya 100 ml..

B. Pembuatan Larutan Standar Cu(II) 100 ppm

Larutan Cu(II) 100 ppm diperoleh dengan melarutkan $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,0269 gram dengan aqua DM hingga volumenya 100 ml.

C. Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 3,5

Larutan buffer asetat pH 3,5 dibuat dengan melarutkan 0,3962 gram CH_3COONa dengan beberapa ml aqua DM.

Kemudian ditambahkan 5 ml CH_3COOH ($K_a = 1,75 \times 10^{-5}$) dan diencerkan dengan aqua DM hingga volumenya 50 ml.

D. Pembuatan Larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm

Larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 1,10-Fenantrolin sebanyak 0,1 gram dengan aqua DM hingga volumenya 100 ml.

E. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Besi(III)-fenantrolin

Larutan standar Besi (III) sebanyak 0,5 ml dimasukkan kedalam labu ukur 10 ml, ditambahkan 1,5 ml larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm, 1,5 ml larutan buffer asetat pH 3,5 dan 5 ml aseton, kemudian ditambahkan aqua DM hingga volumenya 10 ml. Campuran tersebut kemudian dikocok dan didiamkan selama 5 menit. Campuran lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 300-450 nm menggunakan spektrofotometer UV-tampak. Percobaan ini dilakukan tiga kali pengulangan (triplo). Kemudian dibuat kurva antara absorbansi dengan panjang gelombang. Dari kurva tersebut dapat diketahui panjang gelombang maksimum kompleks Besi (III)-fenantrolin.

F. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Larutan standar Besi (III) sebanyak 0,1 ml; 0,2 ml; 0,3 ml; 0,4 ml; dan 0,5 ml dimasukkan kedalam labu ukur 10 ml. Ke dalam masing-masing labu ukur ditambahkan 1,5 ml larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm, 1,5 ml larutan buffer asetat pH 3,5 dan 5 ml aseton, kemudian ditambahkan aqua DM hingga volumenya 10 ml. Campuran tersebut kemudian dikocok dan didiamkan selama 5 menit. Campuran lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV-tampak. Percobaan ini dilakukan tiga kali pengulangan (triplo). Kemudian dibuat kurva kalibrasi antara absorbansi dengan konsentrasi larutan Besi (III). Dari kurva tersebut dapat persamaan linearitasnya untuk menentukan r dan r^2 .

G. Pengaruh Ion Cu(II) pada Analisa Fe^{3+} pada pH 3,5

Larutan standar Besi (III) sebanyak 0,5 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml, kemudian ditambahkan kedalam labu yang telah berisi 0,5 mL larutan standar Besi (III) masing masing 0,01 mL; 0,02 mL; 0,03 mL; 0,04 mL; dan 0,05 mL larutan Cu(II) 100 ppm, lalu ditambahkan 1,5 mL larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm, 1,5 mL larutan buffer asetat pH 3,5 dan 5 ml aseton, kemudian ditambahkan aqua DM hingga volumenya 10 ml. Campuran tersebut kemudian dikocok dan didiamkan selama 5 menit. Campuran lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV-tampak. Percobaan ini dilakukan tiga kali pengulangan (triplo).

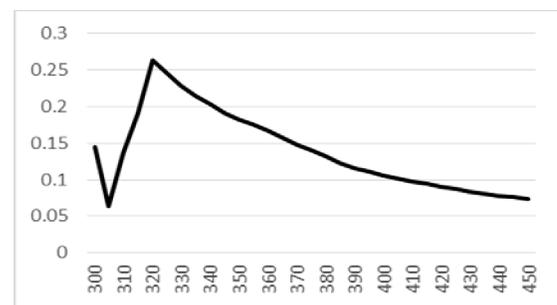
III. HASIL DAN DISKUSI

A. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{3+}$

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Penentuan panjang

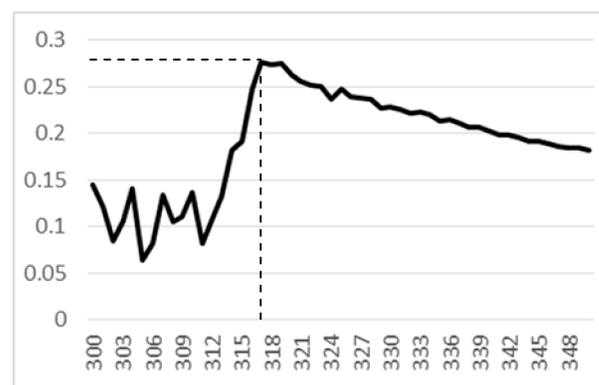
gelombang maksimum dilakukan dengan mengukur absorbansi pada tiap panjang gelombang. Panjang gelombang maksimum diartikan sebagai panjang gelombang yang terdapat nilai absorbansi tertinggi. Percobaan ini dilakukan dengan menambah larutan Fe^{3+} dengan larutan pengompleks 1,10-fenantrolin. Larutan tersebut ditambahkan larutan buffer asetat dengan pH 3,5 yang merupakan pH optimum untuk pembentukan senyawa kompleks dan ditambahkan aseton untuk memperbesar kelarutan senyawa kompleks tersebut.

Larutan kompleks yang telah dibuat diukur panjang gelombangnya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300-450 nm dengan interval 5 nm. Pada pengukuran ini juga digunakan blanko yang merupakan semua bahan yang dipakai dalam membuat larutan kompleks kecuali Fe(III) . Kurva dari penentuan λ_{max} $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{3+}$ dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva absorbansi kompleks Fe(III) -fenantrolin pada panjang gelombang 300-450 nm dengan interval 5 nm

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa absorbansi maksimal berada pada panjang gelombang 316-320 nm. Untuk mengetahui panjang gelombang absorbansi maksimum maka interval panjang gelombang dirubah menjadi 1 nm. Hasil absorbansi dapat dilihat pada Gambar 2.

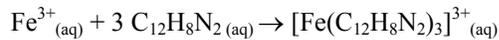


Gambar 2 Kurva absorbansi kompleks Fe(III) -fenantrolin pada panjang gelombang 300-350 nm dengan interval 1 nm

Dari Gambar 2 terlihat bahwa panjang gelombang maksimum untuk kompleks Fe(III) -fenantrolin adalah 317 nm karena menunjukkan nilai absorbansi tertinggi. Percobaan

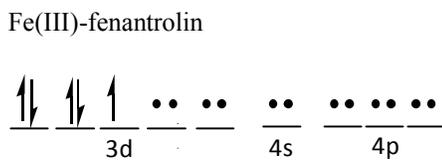
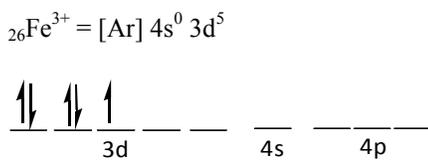
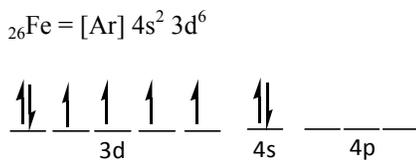
dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan hasil dengan akurasi yang baik.

Senyawa 1,10-fenantrolin dengan rumus molekul $C_{12}H_8N_2$ dapat bereaksi dengan beberapa jenis logam. Salah satunya logam yang dapat bereaksi adalah dengan besi yang dapat ditentukan secara spektrofotometri dengan reaksi :

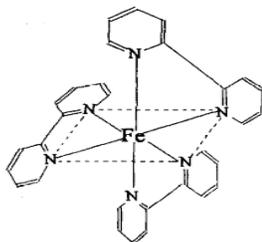


Senyawa 1,10-fenantrolin dapat membentuk senyawa dengan Fe(II) dan Fe(III). Reaksi 1,10-fenantrolin dengan Fe(II) memberikan warna larutan merah jingga yang menunjukkan bahwa kompleks tersebut stabil dengan nilai λ_{max} 512 nm dengan nilai konstanta kestabilan 21,0. Reaksi 1,10-fenantrolin dengan Fe(III) tidak memberikan warna larutan yang intensif yang menunjukkan bahwa Fe(III)-fenantrolin bersifat tidak stabil. Ini dibuktikan dengan hasil panjang gelombang maksimum yang didapat yaitu 317 nm dan juga dari konstanta kestabilan yang bernilai 14,1.

Besi adalah salah satu logam transisi. Konfigurasi electron dan hibridisasi pada logam Fe adalah sebagai berikut:



Hibridisasi dari senyawa kompleks Fe(III)-fenantrolin adalah d^2sp^3 yang memberikan bentuk geometri oktahedral. Bentuk oktahedral dari Fe(III)-fenantrolin dapat dilihat pada Gambar 3.



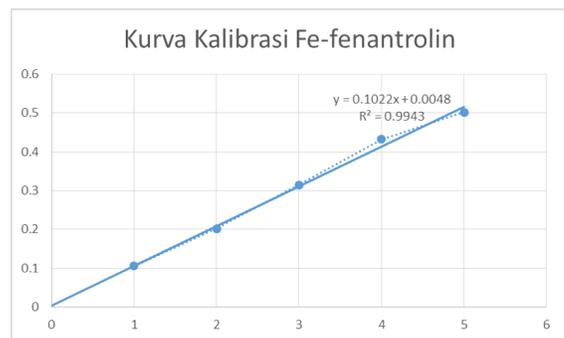
Gambar 3. Struktur Oktahedral Fe(III)-fenantrolin

B. Pembuatan Kurva Kalibrasi Kompleks $[Fe(fenantrolin)_3]^{3+}$

Pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan kompleks $[Fe(fenantrolin)_3]^{3+}$ pada panjang gelombang maksimum yang telah diketahui sebelumnya yaitu 317 nm. Konsentrasi larutan Fe^{3+} yang digunakan pada kurva kalibrasi ini adalah 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm. Data absorbansi dapat dilihat pada Tabel 1. Setelah didapat data absorbansi dari masing-masing konsentrasi, maka dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x adalah konsentrasi besi (ppm) dan sumbu y adalah nilai absorbansinya.

Tabel 1. Data Absorbansi $[Fe(fenantrolin)_3]^{3+}$

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0.106
2	0.202
3	0.315
4	0.432
5	0.502



Gambar 4. Kurva Kalibrasi pada Fe(III)-fenantrolin

Dari kurva kalibrasi pada Gambar 4.4, diketahui bahwa persamaan regresinya adalah $y = 0,1022x + 0,0048$ dengan nilai $r^2 = 0,9943$. Nilai r^2 pada kurva kalibrasi adalah koefisien korelasi. Nilai ini menunjukkan seberapa besarnya korelasi antara sumbu x dan sumbu y pada suatu kurva. Berdasarkan nilai $r^2 = 0,9943$, menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang erat antara konsentrasi dan absorbansi larutan kompleks tersebut. Hal ini dikarenakan nilai kisaran r^2 berada pada rentang $0,9 < r^2 < 1$.

Uji-t digunakan untuk menguji kelayakan kurva kalibrasi kompleks Fe(III)-fenantrolin. Uji-t dihitung dengan rumus:

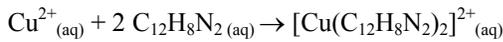
$$t = \frac{|r| \times \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2}}$$

Hasil uji-t dengan nilai $r^2 = 0,9943$; $r = 0,9971$; dan $n = 5$ adalah 22,88. Harga nilai t_{tabel} dengan nilai kepercayaan 95% dan derajat kebebasan $n-2$ adalah 3,18. Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H_0 ditolak yang berarti ada korelasi antara absorbansi dan konsentrasi.

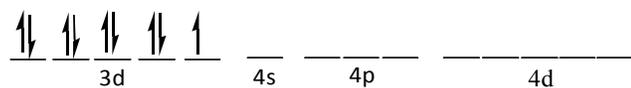
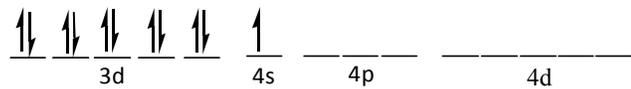
C. Pengaruh Ion Cu(II) pada Analisa Fe^{3+} pada pH 3,5

Analisa Fe dengan pengompleks 1,10-fenantrolin dapat diganggu oleh beberapa ion lain. Pada penelitian ini, ion

pengganggu yang dipilih adalah ion Cu^{2+} . Cu pada umumnya ditemukan dalam bilangan oksidasi I dan II. Ion Cu^{2+} dapat berikatan dengan 1,10-fenantrolin dan membentuk kompleks tidak berwarna. Reaksi senyawa kompleks Cu^{2+} dengan fenantrolin adalah sebagai berikut:



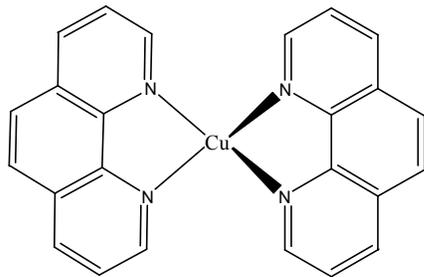
Konfigurasi elektron dan hibridisasi Cu^{2+} dengan fenantrolin adalah:



Cu(II) -fenantrolin



Hibridisasi dari senyawa kompleks Cu(II) -fenantrolin adalah dsp^2 . Struktur dari kompleks Cu(II) -fenantrolin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Cu(II) -fenantrolin

Dapat dilihat, pada gambar bahwa kompleks Fe(III) -fenantrolin memiliki bentuk geometri oktahedral dengan hibridisasi sp^3d^2 , sedangkan kompleks Cu(II) -fenantrolin membentuk kompleks segiempat planar dengan hibridisasi dsp^2 . Ini disebabkan oleh bilangan oksidasi dari Cu dan Fe. Bilangan oksidasi tertinggi dari Fe adalah +3 sedangkan Cu adalah +2 sehingga jumlah pasangan elektron bebas yang dapat diterima Fe adalah 6 pasang dan Cu 4 pasang. Hal ini yang menyebabkan Fe(III) dapat membentuk kompleks dengan 3 molekul fenantrolin dan membentuk geometri oktahedral sedangkan Cu(II) membentuk kompleks dengan 2 molekul fenantrolin dan membentuk geometri segiempat planar.

Dapat dilihat pula, bahwa ion Fe(III) dan ion Cu(II) memiliki 1 elektron tidak berpasangan dalam orbitalnya. Pada ion Cu(II) , elektron tersebut terdesak keluar oleh ligan karena senyawa 1,10-fenantrolin adalah ligan kuat. Sedangkan pada ion Fe(III) , elektron tersebut tidak terdesak keluar. Hal ini disebabkan karena pada ion Fe(III) masih terdapat orbital kosong pada orbital d yang memungkinkan elektron tersebut tidak terdesak keluar. Sedangkan pada ion Cu(II) , orbital d sudah terisi penuh sehingga elektron tersebut dapat didesak keluar oleh pasangan elektron bebas dari ligan tersebut.

Ion Cu(II) dapat membentuk kompleks yang lebih stabil dengan 1,10-fenantrolin dibandingkan dengan ion Fe(III) sehingga mengakibatkan adanya kompetisi dalam pembentukan kompleks dengan fenantrolin. Berdasarkan tabel, dapat dilihat bahwa nilai konstanta kestabilan Cu(II) dengan 1,10-fenantrolin lebih tinggi dibandingkan dengan Fe(III) . Ini menandakan bahwa jumlah 1,10-fenantrolin yang dapat bereaksi dengan ion Fe(III) berkurang sehingga menyebabkan penurunan nilai absorbansi kompleks.

Tabel 2. Nilai Logaritmik Konstanta Kestabilan Kompleks Fe dan Cu

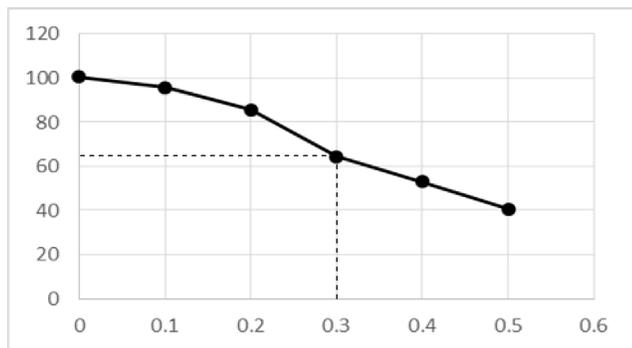
Ion	DCTA	DTPA	EDTA	Sitrat	Tartrat	1,10-Fenantrolin	Trien
Fe^{2+}	16,27	16,0	14,3	K ₁ 4,4	K ₁ 2,24	21,0	7,8
Fe^{3+}	28,7	27,6	25,1	K ₁ 11,4	K ₁ 6,5	14,1	21,9
Cu^+	-	-	-	-	-	15,8	-
Cu^{2+}	21,8	21,5	18,8	K ₁ 5,9	K ₁ 2,6	18,0	20,4

Oleh karena itu, ion Cu(II) sengaja ditambahkan pada analisa besi untuk mengetahui apakah ion Cu(II) dapat mengganggu analisa besi dan pada konsentrasi berapa ion tersebut mulai mengganggu. Pada penelitian ini, konsentrasi larutan besi yang dipakai adalah 5 ppm. Ion pengganggu yang ditambahkan dimulai pada konsentrasi 0,1 ppm. Masing-masing konsentrasi dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali (triplo). Dari pengukuran didapatkan data sebagai berikut seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Absorbansi dan Recovery Setelah Penambahan Ion Cu(II)

Cu(II) (ppm)	Absorbansi	Fe(III) terukur (ppm)	Recovery (%)
0	0.519	5.031311155	100.6262231
0.1	0.494	4.786692759	95.73385519
0.2	0.442	4.277886497	85.55772994
0.3	0.334	3.221135029	64.42270059
0.4	0.276	2.653620352	53.07240705
0.5	0.212	2.02739726	40.54794521

Berdasarkan data konsentrasi Fe(III) yang terukur tersebut dapat dilihat % recovery, dimana % recovery ini menunjukkan pada konsentrasi berapa ion Cu(II) mulai mengganggu. Batas recovery yang baik adalah 80-120%. Data % recovery dapat dilihat pada Tabel. Grafik % recovery ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Antara Recovery dengan Konsentrasi Ion Cu(II)

Berdasarkan data tersebut, dapat dilihat bahwa ion Cu(II) dapat mengganggu analisa besi dengan menurunkan nilai absorbansi. Berdasarkan penelitian ini, ion Cu(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,3 ppm dengan nilai recovery 64,42%. Pada konsentrasi 0,3 ppm didapatkan nilai RSD sebesar 203,4 ppt dan nilai CV sebesar 20,34%. Dengan ini, dapat disimpulkan juga bahwa ion Cu(II) juga dapat menurunkan nilai presisi dari sampel.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa analisa besi(III) dengan pengompleks 1,10-fenantrolin pada pH 3,5 dapat diganggu oleh ion Cu(II) dengan menurunkan nilai absorbansi. Konsentrasi ion Cu(II) mulai mengganggu analisa besi pada 0,3 ppm dengan nilai recovery 64,42%. Ion Cu(II) juga dapat menurunkan nilai presisi sampel yang ditandai dengan nilai RSD sebesar 203,4 ppt dan nilai CV sebesar 20,34%

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Tuhan YME atas semua rahmatNya, Bapak Drs. R. Djarot Sugiarto K.S., M.S. atas semua bimbingannya, Bapak Prof. Dr. Taslim Ersam serta Bapak Muhammad Nadjib Mujahid, M.S. atas segala arahan dan bantuannya, teman-teman Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik dan semua pihak yang telah membantu hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmed, M. Jamaluddin dan Roy, Uttam Kumer. 2009. *A simple spectrophotometric method for the determination of iron(II) aqueous solutions*. Turk J Chem. Vol 33. 709-726.
- [2] Vogel. 1979. *Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. Longman Inc. New York.
- [3] Marczenko, Z. 2000. *Separation, Preconcentration and Spectrophotometry in Inorganic Analysis*. Massachusetts : Elsevier.

- [4] Teixeira, Marcos Fernando de S., Orlando Fatibello-Filho, Clezio Aniceto, and Cicero O. Costa Neto. 1999. "Flow-Injection Potentiometric Determination of Iron (III) in Vitamin Formulations Using a Tubular Ion-Selective Electrode in Oxalic Medium" *Laboratory Robotics and Automation*. Vol 11. Issue 3.
- [5] Xu, Jie dan Yinfa Ma. 1996. "Determination of Iron in Rainwater, Lakewater, and Tapwater by High Performance Capillary Electrophoresis After Precolumn Complexation With 1,10-Phenanthroline" *Journal of Microcolumn Separation* Volume 8. Issue 2.
- [6] Van den Berg, C.M.G., Nimmo, M., Abolinno, O., Mentasti, E. 1991. "The Determination of Trace Levels of Iron in Seawater Using Adsorptive Cathodic Stripping Voltametry" *Electroanalysis*. Vol. 3. Page 477-484.
- [7] Liyana, Desy Eka, "Optimasi pH Buffer Dan Konsentrasi Larutan Pereduksi Natrium Tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) Dengan Timah Klorida (SnCl_2) dalam Penentuan Kadar Besi Secara Spektrofotometri Visible," Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2011).
- [8] Pritasari, Ardyah Ayu. 2009. "Studi Gangguan Mn pada Analisa Besi Menggunakan Pengompleks 1,10-Fenantrolin pada pH 4,5 secara Spektrofotometri UV-Vis," Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [9] Wulandari, Desi Ayu. 2009. "Studi Gangguan Nikel pada Analisa Besi dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin pada pH 4,5 secara Spektrofotometri UV-Vis," Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [10] Anggraeny, Dian, "Pengaruh Cu(II) dalam Penentuan Fe pada pH 4,5 dan pH 8,0 dengan Pengompleks Ortofenantrolin secara Spektrofotometri UV-Vis" Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2005).