

# Studi Gangguan Ag(I) dalam Analisa Besi dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin pada pH 4,5 secara Spektrofotometri UV-Vis

Sisca Dianawati dan R. Djarot Sugiarto K.S.

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**—Analisa besi ini dilakukan dengan menggunakan pereduksi natrium tiosulfat dan pengompleks 1,10-fenantrolin pada pH 4,5 secara spektrofotometri UV-Vis. Kompleks yang dihasilkan yaitu Fe(II)-1,10-fenantrolin yang berwarna merah-jingga memberikan serapan di daerah sinar tampak pada panjang gelombang maksimum 507 nm dan dapat diganggu oleh adanya ion Ag<sup>+</sup> dengan cara menurunkan absorbansi. Ion Ag<sup>+</sup> dipilih sebagai ion pengganggu dalam analisa besi ini karena perak dapat membentuk kompleks dengan 1,10-fenantrolin sehingga terjadi kompetisi antara perak dan besi untuk membentuk kompleks dengan 1,10-fenantrolin. Kompetisi ini dapat mempengaruhi nilai absorbansi. Penambahan ion Ag<sup>+</sup> mulai mengganggu analisa penentuan besi pada penambahan 0,03 ppm dengan persen recovery sebesar 92,88 %; RSD sebesar 3,645 ppt; dan CV sebesar 0,364 %.

**Kata Kunci**—1,10-Fenantrolin; Ag<sup>+</sup>; besi; natrium tiosulfat; spektrofotometri UV-Vis.

## I. PENDAHULUAN

BESI (Fe) merupakan logam transisi yang sangat berguna dan logam yang sangat reaktif. Dalam keadaan murni, besi tidak terlalu keras, tetapi jika ditambahkan dengan sedikit karbon dan logam lainnya maka akan terbentuk alloy baja yang kuat. Besi adalah logam kedua dan unsur keempat terbanyak di kerak bumi [1] sebesar 6,2% dalam persen massa [2]. Karena kelimpahan besi yang cukup besar sehingga pengolahannya relatif mudah dan murah. Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi. Besi sangat banyak dimanfaatkan karena kemudahannya dalam perolehan atau proses penambangan bijihnya dan dapat ditemukan di banyak tempat [3]. Penentuan besi sangat penting untuk untuk perlindungan lingkungan, hidrogeologi, proses kimia dan studi kesehatan masyarakat [4].

Kadar besi dapat ditentukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Besi yang akan dianalisis, direduksi terlebih dahulu kemudian dikomplekskan dengan senyawa pengompleks, sehingga menghasilkan warna spesifik [5]. Senyawa besi memiliki dua tingkat oksidasi, yaitu Fe<sup>2+</sup> (ferro) dan Fe<sup>3+</sup>(ferri). Pada umumnya besi cenderung membentuk senyawa dalam bentuk ferri daripada dalam bentuk ferro. Senyawa-senyawa yang dapat digunakan untuk mereduksi Fe<sup>3+</sup> (ferri) menjadi Fe<sup>2+</sup> (ferro) diantaranya seng, ion Sn<sup>2+</sup>,

sulfit, hidrosilamin klorida, hidrazin, hidrogen sulfida, natrium tiosulfat, asam askorbat, dan hidrokuinon [6].

Natrium tiosulfat dipilih dalam penelitian ini untuk mereduksi Fe<sup>3+</sup> (ferri) menjadi Fe<sup>2+</sup> (ferro) sebelum dikomplekskan karena tidak membutuhkan waktu yang lama dan jumlah yang banyak untuk mereduksi besi(III). Pereduksi natrium tiosulfat 11 ppm mampu mereduksi larutan Fe(III) 5 ppm dengan nilai persen recovery 99,25% dengan kondisi pH optimum buffer asetat 4,5 [7].

Pembentukan senyawa kompleks besi dapat dilakukan dengan mengomplekskan besi terhadap senyawa pengompleks tertentu. Senyawa pengompleks yang dapat digunakan diantaranya molybdenum, selenit, difenilkarbazon, dan fenantrolin. Pengompleks yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu 1,10-fenantrolin karena secara umum fenantrolin dapat digunakan untuk pengompleks besi tanpa menggunakan zat pengadsorpsi dan tidak memerlukan waktu yang lama [8]. Selain itu, pada penelitian sebelumnya diperoleh bahwa 1,10-fenantrolin baik digunakan sebagai pengompleks besi dibandingkan dengan pengompleks kalium thiosianat (KSCN) [9]. Pengompleksan besi dengan menggunakan 1,10-fenantrolin akan menghasilkan pewarnaan merah jingga, yang disebabkan pembentukan kation kompleks [Fe(C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup>. Selain itu dalam penentuan larutan standar besi dengan 1,10-fenantrolin secara spektrofotometri absorbansi tidak berubah dalam waktu tertentu. Warna merah jingga dari kompleks yang dihasilkan ini stabil pada kisaran pH 2-9. Oleh karena itu penelitian dapat dilakukan pada range pH asam maupun basa [10]. Warna merah jingga terjadi pada rentang 480 nm – 560 nm sehingga dalam penelitian ini diukur dalam spektrofotometer visible[11].

Analisa besi menggunakan pengompleks 1,10-fenantrolin ini dapat ini dapat diganggu oleh beberapa ion logam misalnya mangan, tembaga, nikel, dan kobalt. Ion Mn(II), Ni(II), dan Co(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 dengan persen recovery sebesar 88,46 % [12]; Ni(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,08 ppm dengan nilai persen recovery sebesar 82,93 % [13]; dan ion Co(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,2 ppm dengan nilai persen recovery sebesar 94,11 % [14]. Semua

persen recovery tersebut diluar persen recovery yang diijinkan yaitu pada kisaran 95-105%.

Selain ion pengganggu tersebut, perak dengan menggunakan pereduksi hidroksilamin hidroklorida dapat mengganggu analisa besi [15]. Perak(I) dengan 1,10-fenantrolin membentuk kompleks dengan perbandingan 1:1 dalam media asam [16], sehingga memungkinkan terjadinya kompetisi antara perak(I) dengan besi(II) dalam membentuk senyawa kompleks dengan 1,10-fenantrolin. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian studi gangguan ion perak(I) dalam analisa besi dengan pereduksi natrium tiosulfat dan pengompleks 1,10-fenantrolin pada pH 4,5 secara spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui pada konsentrasi berapa ion Ag(I) mulai mengganggu.

## II. URAIAN PENELITIAN

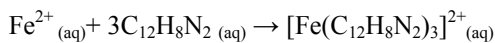
Penelitian ini menggunakan larutan Fe(III) 5 ppm sebagai larutan standar, larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 100 ppm sebagai pereduksi, dan larutan 1,10-fenantrolin 1000 ppm sebagai pengompleks. Penambahan larutan buffer asetat pH 4,5 berfungsi untuk mempertahankan pH 4,5 yang merupakan pH optimum pada kondisi asam dan larutan CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub> sebagai pelarut. Campuran tersebut diencerkan dengan aqua DM hingga volume larutan 10 mL, dikocok dan didiamkan selama 5 menit. Absorbansi untuk penentuan panjang gelombang maksimum diukur pada panjang gelombang 480-560 nm [14]. Prosedur yang sama juga dilakukan untuk pembuatan kurva kalibrasi dan pengaruh ion pengganggu. Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan variasi konsentrasi Fe(III) dengan rentang 1-5 ppm. Pengaruh ion pengganggu menggunakan larutan Fe(III) 5 ppm dan larutan Ag(I) 10 ppm dengan variasi volume 0,01-0,06 mL. Tiap prosedur diulangi sebanyak 3 kali.

## III. HASIL DAN DISKUSI

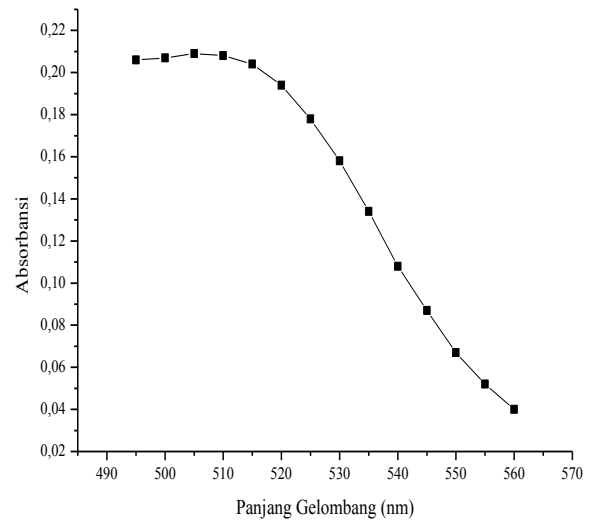
### A. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{max}$ )

Panjang gelombang maksimum kompleks besi(II)-1,10-fenantrolin ditentukan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Hal ini merupakan pengukuran awal pada penelitian ini. Panjang gelombang maksimum ini ditunjukkan pada panjang gelombang yang memiliki absorbansi maksimal. Kurva hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang dari suatu larutan baku pada konsentrasi tertentu dibuat untuk menentukan panjang gelombang maksimum.

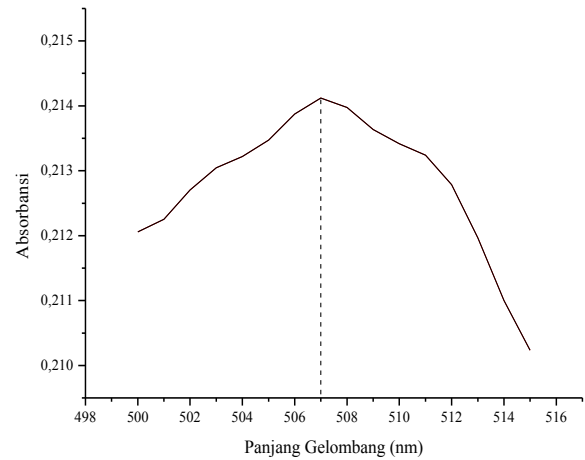
Penentuan  $\lambda_{max}$  ditentukan berdasarkan reaksi besi(II) dan pengompleks 1,10-fenantrolin. Sebelum Reaksi yang terjadi pada pembentukan kompleks besi(II)-1,10-fenantrolin sebagai berikut:



Larutan kompleks besi(II)-1,10-fenantrolin yang diukur absorbansinya untuk penentuan  $\lambda_{max}$  berwarna merah jingga sehingga dipilih kisaran panjang gelombang 480-560 nm. Kurva yang dihasilkan dari absorbansi pada pengukuran



Gambar 3.1 Kurva Penentuan Panjang Gelombang Maksimum pada  $\lambda = 480- 560$  nm

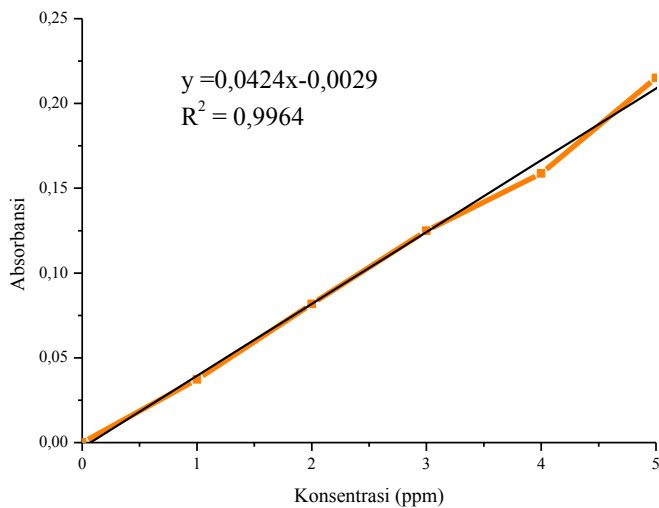


Gambar 3.2 Kurva Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

dengan panjang gelombang 480-560 nm ditunjukkan pada Gambar 3.1.

Kurva pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa pada panjang gelombang 515 nm absorbansi menurun dengan meningkatnya panjang gelombang, sehingga dapat diketahui bahwa  $\lambda_{maks}$  larutan besi(II)-1,10-fenantrolin diperoleh pada absorbansi paling besar terletak pada rentang 500-515 nm. Selanjutnya pengukuran panjang gelombang dilakukan dengan rentang 1 supaya pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dalam penelitian ini lebih tepat dan valid. Kurva yang dihasilkan dari absorbansi pada panjang gelombang 500-515 nm ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Penentuan besi(II) dengan pengompleks 1,10-fenantrolin membentuk sebuah kompleks oranye memiliki absorbansi pada panjang gelombang 508 nm [17]. Kurva pada Gambar 3.2 menunjukkan bahwa puncak tertinggi dengan absorbansi 0,215 terdapat pada panjang gelombang 507 nm yang merupakan panjang gelombang maksimum. Panjang gelombang maksimum menunjukkan kepekaan tertinggi dan kesalahan



Gambar. 3.3 Kurva Kalibrasi

terkecil sehingga pengukurannya akurat dan panjang gelombang ini digunakan sebagai dasar pengukuran selanjutnya.

**B. Pembuatan Kurva Kalibrasi**

Kurva kalibrasi merupakan suatu garis yang diperoleh dari titik-titik yang menyatakan suatu konsentrasi terhadap absorbansi yang diserap setelah dilakukan analisa regresi linier. Konsentrasi besi secara spektrofotometri UV-Vis ditentukan berdasarkan kurva kalibrasi yang dibuat dengan mengukur absorbansi larutan standar besi dengan variasi 0-5 ppm.

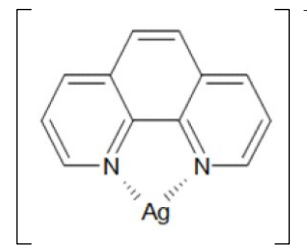
Nilai absorbansi yang diperoleh dari hasil pengukuran absorbansi larutan standar besi dengan variasi 0-5 ppm dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Kurva kalibrasi yang terbentuk memiliki persamaan garis  $y = 0,0424x - 0,0029$  dengan nilai  $r = 0,9982$  dan  $r^2 = 0,9964$ . Koefisien korelasi ( $r^2$ ) sebesar 0,9964 menyatakan bahwa terdapat korelasi yang erat dan linearitas yang baik antara konsentrasi larutan besi dengan absorbansinya. Hal ini dikarenakan nilai kisaran  $r^2$  berada pada rentang  $0,9 < r^2 < 1$ . Nilai  $r$  sebesar 0,9982 menyatakan semua titik terletak pada garis lurus yang lerengnya positif karena nilai berada pada  $-1 \leq r \leq 1$ .

Uji-t digunakan untuk menguji kelayakan kurva kalibrasi kompleks besi(II)-1,10-fenantrolin. Hasil perhitungan uji-t dengan  $r = 0,9982$ ;  $r^2 = 0,9964$ ; dan  $n = 6$  adalah 33,27. Nilai  $t_{tabel}$  sebesar 2,78 untuk tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan  $n-2$  [18]. Berdasarkan perhitungan uji-t dan nilai  $t_{tabel}$  diperoleh nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak atau ada korelasi antara absorbansi ( $y$ ) dan konsentrasi ( $x$ ). Hal ini menunjukkan bahwa persamaan regresi tersebut layak digunakan sebagai kurva kalibrasi. Sehingga persamaan  $y = 0,0424x - 0,0029$  dapat digunakan sebagai dasar pengukuran untuk menentukan konsentrasi besi.

**C. Pengaruh Ion Pengganggu Ag(I) pada pH 4,5**

Analisa besi dengan 1,10-fenantrolin dapat diganggu oleh beberapa ion lain (misalnya perak, merkuri univalen dan



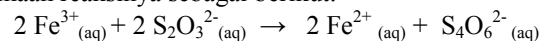
Gambar. 3.4 Kompleks Perak(I)-1,10-Fenantrolin

Tabel 3.1 Pengaruh Penambahan Ion Pengganggu Ag(I)

Ag(I) (ppm)	Absorbansi	Fe(II) Terukur (ppm)	Recovery (%)
0,000	0,215	5,139	102,780
0,010	0,209	4,998	99,960
0,020	0,201	4,809	96,180
0,030	0,194	4,644	92,880
0,040	0,192	4,597	91,940
0,050	0,188	4,502	90,040
0,060	0,185	4,432	88,640

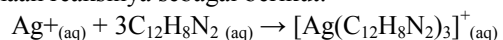
bivalen, tembaga, kadmium, dan kobalt) karena 1,10-fenantrolin tidak spesifik untuk besi bivalen [19]. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan kondisi pH 4,5 diperoleh hasil bahwa ion Mn(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,06 ppm [12]; Ni(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,08 ppm dengan [13]; Co(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,2 ppm [14]; dan Cu(II) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,9 ppm [20]. Ion pengganggu yang dipilih dalam penelitian ini adalah perak(I) karena perak(I) dan besi (II) dapat membentuk kompleks dengan 1,10-fenantrolin sehingga memungkinkan terjadinya kompetisi.

Metode yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan pada reaksi besi(II) dengan pengompleks 1,10-fenantrolin yang membentuk warna jingga pada range pH 2-9 [15]. Besi(II) diperoleh dengan mereduksi besi(III) dengan natrium tiosulfat, persamaan reaksinya sebagai berikut:



Konsentrasi optimum natrium tiosulfat untuk mereduksi besi(III) menjadi besi(II) sebesar 11 ppm [21] dengan pH optimum buffer asetat = 4,5 [22]. Larutan buffer ini berfungsi untuk menjaga kestabilan kompleks  $[Fe(C_{12}H_8N_2)_3]^{2+}$ . Penambahan aseton berfungsi sebagai pelarut.

Perak(I) dengan 1,10-fenantrolin membentuk kompleks dengan perbandingan 1:1 dalam media asam [16] dan sesuai dengan penelitian yang dilakukan Zaporozhets [23], persamaan reaksinya sebagai berikut:



Senyawa kompleks perak(I)-1,10-fenantrolin yang terjadi diperkirakan berupa senyawa kompleks dengan stuktur linear dengan membentuk orbital sp, dengan ikatan kovalen koordinasi sesuai dengan Gambar 3.4.

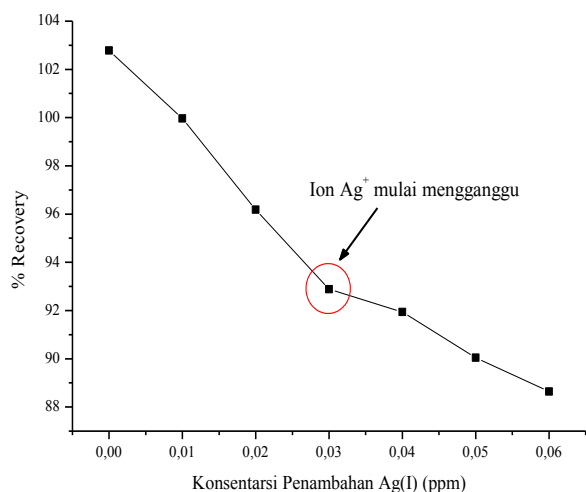
Penelitian sebelumnya pada pengaruh ion pengganggu Ni(II) diperoleh bahwa kompetisi yang terjadi antara Ni(II) dengan Fe(II) pada pembentukan kompleks dengan 1,10-

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Drs. R. Djarot Sugiarto K.S., MS. selaku dosen pembimbing serta teman-teman satu tim penelitian untuk segala bantuan yang telah diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brady, James E, "Kimia Universitas: Asas dan Struktur," Jilid 1, Binarupa Aksara, Jakarta (2002).
- [2] Chang, Raymond, Chemistry Ninth Edition, Mc Graw Hill, New York (2005).
- [3] Canham, G.R., dan Overtone, T., "Descirptive Inorganic Chemistry," Third Edition, WH. Freeman and Company, New York (2003).
- [4] Pourreza, N., dan Mousavi, H. Z., "Solid Phase Preconcentration of Iron as Methylthymol Blue Complex on Naphthalene Tetraoctylammonium Bromide Adsorbent with Subsequent Flame Atomic Absorption Determination," *Talanta* Vol. 64, (2004) 264–267.
- [5] Vogel, "Buku Teks Analisa Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro," (Terjemahan oleh Setiono L., Pudjaatmaka A.H), Edisi Kelima, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta (1985).
- [6] Othmer, Kirk, "Encyclopedia of Chemical Technology," 3rd ed. Vol. 13, John Wiley and Sons Inc, New York (1978).
- [7] Puspaningtyas, Amelia, "Optimasi pH Buffer Asetat dan Konsentrasi Larutan Pereduksi Natrium Tiosulfat dalam Penentuan Kadar Besi Secara Spektrofotometri UV-Vis," Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2004).
- [8] Malik, Ashok Kumar, "Direct Spectrophotometric Determination of Ferbam Iron (III) Dymethyldithiocarbamat in Commercial Sample and Wheat Grains after Extraction of its Bathophenanthroline Tetraphenylborate Complex into Molten Naphtalen," *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Vol. 48, No. 10 (2000) 4044-4047.
- [9] Kuswanto, Perbandingan Reaksi Pengompleks Kalium Thiosianat (KSCN) dan 1,1- Fenantrolin pada Penentuan Kadar Besi (Fe) Total dalam Biji Gandum (*Triticum Sativum*) secara Spektrofotometri UV-Vis," Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2001).
- [10] Lazic, D., Skundric, B.J., dkk, "Stability of Tris-1,10- Phenantroline Iron (II) Complex in Different Composites," Faculty of Natural Science, Banja (2010).
- [11] Mulja, M., dan Syahrani A., "Aplikasi Analisis Spektrofotometri UV-Vis," Jakarta (1990).
- [12] Pritasari, Ardyah Ayu, "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 (2009).
- [13] Wulandari, Desi Ayu, "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 (2009).
- [14] Anwar, Aditya P., "Studi Gangguan Co 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 (2009).
- [15] Sandell, E.B., "Colorimetric Determination Trace of Metal," 3<sup>rd</sup> ed. Inter Science Publisher Inc, New York (1959).
- [16] Jungreis, Ervin, "Spot Test Analysis - Clinical, Environmental, Forensic, and Geochemical Applications," John Wiley & Sons, New York (1985).
- [17] Braunschweig, Juliane, Julian Bosch, Katja Heister, Christine Kuebeck, Rainer U. Meckenstock, "Reevaluation of Colorimetric Iron Determination Methods Commonly Used in Geomicrobiology," *Journal of Microbiological Methods* Vol. 89 (2012) 41–48.
- [18] Miller, J.C., dan Miller J.N., "Statistik untuk Kimia Analitik," Edisi Kedua, Penerbit ITB, Bandung (1991).
- [19] Vydra, F., dan Rudolf P., "Selective Extraction and Colorimetric Determination of Traces of Iron as Ferroin Iodide," *Utilization of Ternary and Ion-Association Complexes in Chemical Analysis-I* Vol. 3, (1959) 72-80.



Gambar. 3.5 Kurva Pengaruh Ion Pengganggu Ag(I) pada pH

fenantrolin dapat menurunkan absorbansi dikarenakan kompleks Ni(II)-1,10-fenantrolin dapat menurunkan intensitas warna yang dibentuk oleh Fe(II)-1,10-fenantrolin [13]. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian ini, apabila kompleks perak(I)-1,10-fenantrolin terbentuk dapat mengganggu pembentukan kompleks besi(II)-1,10-fenantrolin yang menyebabkan penurunan nilai absorbansi yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Ion perak(I) mulai mengganggu pada konsentrasi 0,03 ppm dapat dilihat pada kurva Gambar 4.5 dengan nilai persen recovery sebesar 92,88 %, karena nilai persen recovery yang diperbolehkan untuk cuplikan biologis dan bahan makanan yaitu  $95\% \leq \% \text{ recovery} \leq 105\%$ . Kecermatan atau kepresisian dari suatu hasil penelitian menggunakan metode tertentu dan dapat ditentukan dengan nilai RSD (Relative Standart Deviation)  $< 20$  ppt dan CV (Coefficient of Variation)  $< 2\%$  dapat dikatakan bahwa metode tersebut memiliki kepresisian yang baik [18]. Berdasarkan perhitungan diperoleh RSD= 3,645 ppt; dan CV= 0,364% yang menunjukkan bahwa data tersebut baik dan dapat digunakan pengukuran selanjutnya.

## IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa analisa besi dengan menggunakan pereduksi natrium tiosulfat dan pengompleks 1,10-fenantrolin pada pH 4,5 secara spektrofotometri UV-Vis menghasilkan kompleks yang menyerap sinar pada panjang gelombang maksimum 507 nm. Keberadaan ion  $\text{Ag}^+$  (sebagai ion pengganggu) dapat mengganggu analisa besi dengan menurunkan nilai absorbansi. Ion  $\text{Ag}^+$  mulai mengganggu pada konsentrasi 0,03 ppm dengan konsentrasi besi 5 ppm dengan nilai % recovery sebesar 92,880 %; RSD sebesar 3,645 ppt; dan CV sebesar 0,364 %.

- [20] 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).
- [21] Puspaningtyas, Amelia, "Optimasi pH Buffer Asetat dan Konsentrasi Larutan Pereduksi Natrium Tiosulfat dalam Penentuan Kadar Besi Secara Spektrofotometri UV-Vis," Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2004).
- [22] Liyana, Desy Eka, "Optimasi pH Buffer Dan Konsentrasi Larutan Pereduksi Natrium Tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) Dengan Timah (Ti) Klorida ( $\text{SnCl}_2$ ) dalam Penentuan Kadar Besi Secara Spektrofotometri Visible," Tugas Akhir, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2011).
- [23] Zaporozhets, O. Gawer O., dan Sukhan V., "The Interaction of Fe(II), Cu(II) and Ag(I) Ions and Their Complexes with 1,10-Phenanthroline Adsorbed on Silica Gel. Colloids and Surface," *Physicochemical and Engineering Aspects* Vol. 147, (1999) 273-281.