

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA

PENGARUH BESI PADA PENENTUAN TEMBAGA
SECARA SPEKTROFOTOMETRI
SEBAGAI SENYAWA TEMBAGA (I) – BATOKUPROIN DISULFONAT
DAN UPAYA MENGATASINYA

01 APR 1999

SELESAI

PAMERAN

Ketua Peneliti :

Dra. Hartati, M.Si.

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : Dana Rutin Unair 1997/1998
SK.Rektor Nomor : 5935/J03/PL/1997
Nomor : 53

- KIMIA ANORGANIK

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

10100
100

546.3
Pen
1

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA

**PENGARUH BESI PADA PENENTUAN TEMBAGA
SECARA SPEKTROFOTOMETRI
SEBAGAI SENYAWA TEMBAGA (I) – BATOKUPROIN DISULFONAT
DAN UPAYA MENGATASINYA**

Ketua Peneliti :

Dra. Hartati, M.Si.

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

3000 362 983141



MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : Dana Rutin Unair 1997/1998
SK.Rektor Nomor : 5935/J03/PL/1997
Nomor : 53

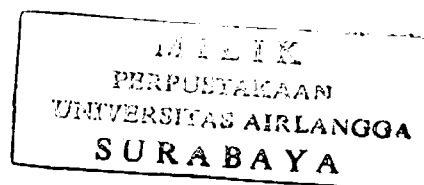
SELESAI

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDRAL PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA

PENGARUH BESI PADA PENENTUAN TEMBAGA
SECARA SPEKTROFOTOMETRI
SEBAGAI SENYAWA TEMBAGA (I) -BATOKUPROIN
DISULFONAT
DAN UPAYA MENGATASINYA

PENELITI:

Dra. Hartati, M.Si.
Dra. Muji Harsini, M.Si.
Dra. Miratul Khasanah, M.Si.
Ir. D.S. Herminingsih
Dra. Usreg Sri Handajani, M.Si.
3000 362 983141



LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai : DANA RUTIN Universitas Airlangga
SK. Rektor Nomor : 5935/J03/PL/1997
Tanggal : 1 Oktober 1997



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
LEMBAGA PENELITIAN

1. Puslit Pembangunan Regional
2. Puslit Obat Tradisional
3. Puslit Pengembangan Hukum
4. Puslit Lingkungan Hidup (5995718)
5. Puslit Pengembangan Gizi (5995720)
6. Puslit/Studi Wanita (5995722)
7. Puslit Olahraga
8. Puslit Bioenergi
9. Puslit Kependudukan dan Pembangunan (5995719)
10. Puslit / Kesehatan Reproduksi

Kampus C. Jl. Mulyorejo Telp. (031) 5995246, 5995248, 5995247 Fax. (031) 5995246, Surabaya 60115

IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Pengaruh Besi Pada Penentuan Tembaga Secara Spektrofotometri Sebagai Senyawa Kompleks Tembaga (I) Batokuproin Disulfonat Dan Upaya Mengatasinya
- b. Macam Penelitian : Fundamental, Terapan, Pengembangan
 Institusional
- c. Katogori Penelitian : I II III IV
2. Kepala Proyek Penelitian
 - a. Nama Lengkap Dengan Gelar : Dra. Hartati, M.Si.
 - b. Jenis Kelamin : W a n i t a
 - c. Pangkat/Golongan dan NIP : Penata Muda Tk.I/IIIb/131 696 507
 - d. Jabatan Sekarang : Staf Pengajar
 - e. Fakultas/Jurusan/Puslit. : ISIP/Bahasa dan Sastra Indonesia
 - f. Univ./Inst./Akademi : Universitas Airlangga
 - g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Kimia Analitik
3. Jumlah Tim Peneliti : 5 (lima) orang
4. Lokasi Penelitian : Lab. Kimia Analitik FMIPA Unair
5. Kerjasama dengan Instansi Lain
 - a. Nama Instansi :
 - b. A l a m a t :
6. Jangka Waktu Penelitian : 4 (empat) bulan
7. Biaya Yang Diperlukan : Rp 3.000.000,00
8. Seminar Hasil Penelitian :
 - a. Dilaksanakan Tanggal : 15 April 1998
 - b. Hasil Penelitian : Baik Sekali B a i k
 S e d a n g K u r a n g

Surabaya, 15 April 1998

Mengetahui/ Mengesahkan :
a.n. Rektor
Ketua Lembaga Penelitian,

Prof. Dr. Noor Cholies Zaini
NIP. 130 355 372

RINGKASAN PENELITIAN

- Judul Penelitian : " Pengaruh Besi Pada Penentuan Tembaga Secara Spektrofotometri Sebagai Senyawa Kompleks Tembaga(I)-batokuproin Disulfonat dan Upaya Mengatasinya "
- Ketua Peneliti : Dra. Hartati, MSi.
- Anggota Peneliti : Dra. Muji Harsini, MSi.
Dra. Miratul Khasanah, MSi.
Ir. D.S. Herminingsih
Dra. Usreg Sri Handajani, MSi.
- Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unair
- Sumber Dana :Rutin Universitas Airlangga 1997/1998
SK Rektor Nomor 5935/JO3/P1/1997
Tanggal 1 Oktober 1997

Analisis tembaga biasanya dilakukan secara spektrofotometri serapan atom tetapi metode ini membutuhkan peralatan yang sangat mahal, sehingga perlu diupayakan metode alternatif yang lain, misalnya secara spektrofotometri sinar tampak sebagai kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat.

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab permasalahan: pada konsentrasi berapa besi berpengaruh pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat dan sejauh mana besi dapat ditopeng dengan ion sitrat, salisilat dan oksalat ?

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh besi dan upaya menghilangkannya dengan cara penopengan menggunakan sitrat, salisilat dan oksalat.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pada pengembangan metode penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat yang merupakan metode alternatif untuk penentuan tembaga di samping metode spektrofotometri serapan atom.

Untuk mempelajari pengaruh besi, dilakukan dengan cara membandingkan absorbansi senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat yang mengandung besi dengan larutan kompleks yang tidak mengandung besi. Sedangkan untuk mempelajari penopengan besi dengan sitrat, salisilat dan

oksalat dilakukan dengan cara membandingkan absorbansi larutan kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat yang mengandung sitrat, salisilat atau oksalat serta adanya besi dengan absorbansi senyawa kompleks tanpa adanya besi.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat sudah tampak pada perbandingan mol besi dan tembaga 1:5. Penopeng besi dengan oksalat lebih baik daripada dengan sitrat sedangkan salisilat tidak dapat menopeng besi.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diharapkan agar dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh ion logam lain pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat dan upaya mengatasinya sehingga metode ini dapat digunakan untuk penentuan tembaga dalam sampel air limbah industri yang mengandung matriks ion-ion logam.



KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan syukur kepada Allah SWT, maka penelitian yang berjudul " Pengaruh Besi Pada Penentuan Tembaga secara Spektrofotometri sebagai Senyawa Kompleks Tembaga(I)-batokuproin Disulfonat dan Upaya Mengatasinya " ini dapat diselesaikan. Penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui sejauh mana metode ini dapat digunakan untuk penentuan tembaga dalam sampel yang mengandung besi, sebagai metode alternatif penentuan tembaga di samping metode spektrofotometri serapan atom yang lazim digunakan.

Pada kesempatan ini tidak lupa penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Airlangga,
2. Ketua Lembaga Penelitian Unair , dan
3. Dekan FMIPA Universitas Airlangga,

atas kesempatan dan dana yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

Tidak lupa pada kesempatan ini pula penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unair, yang telah memperkenankan untuk menggunakan peralatan dan sarana laboratorium lainnya, serta kepada sejawat yang telah membantu hingga tulisan ini dapat diselesaikan dan akhirnya

kepada semua fihak yang telah membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah memberikan balasan yang setimpal dan harapan agar tulisan ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 20 Februari 1998

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Permasalahan	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Hipotesis	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tinjauan tentang Tembaga	6
B. Analisis Tembaga	7
C. Analisis Tembaga dengan Pereaksi Kuproin dan Turunannya	9
D. Reaksi Pembentukan Senyawa Kompleks	14
1. Pembentukan senyawa kompleks	14
2. Reaksi senyawa kompleks	16
3. Tetapan Kesetimbangan bagi pembentukan senyawa kompleks	17
4. Tetapan stabilitas kondisional	19
III METODE PENELITIAN	21
A. Bahan dan Alat Penelitian	21
1. Bahan penelitian	21
2. Alat penelitian	21

B. Pembuatan Larutan	22
1. Larutan induk	22
2. Larutan kerja	23
3. Larutan pereaksi	23
C. Pembakuan Larutan	24
1. Pembakuan larutan tembaga (II)	24
2. Pembakuan larutan tiosulfat	24
D. Prosedur Kerja	25
1. Pengaruh besi pada penentuan tembaga	25
2. Penopengan besi dengan sitrat, salisilat dan oksalat	25
3. Analisis data	26
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Pengaruh Besi Pada Penentuan Tembaga	27
B. Penopengan Besi dengan Sitrat	30
C. Penopengan Besi dengan Salisilat	34
D. Penopengan Besi dengan Oksalat	37
V KESIMPULAN DAN SARAN	41
A. Kesimpulan	41
B. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel I. Tetapan kestabilan kompleks tembaga dengan beberapa ligan	18
Tabel II. Pengaruh besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat	28
Tabel III. Pengaruh sitrat pada absorbansi senyawa kompleks tembaga(I)- batokuproin disulfonat	31
Tabel IV. Penopengan besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai tembaga(I)- batokuproin disulfonat menggunakan sitrat	32
Tabel V. Pengaruh salisilat terhadap absorbansi kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat	34
Tabel VI. Penopengan besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai tembaga(I)- batokuproin disulfonat menggunakan salisilat	36
Tabel VII. Pengaruh oksalat terhadap absorbansi kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat	38
Tabel VIII. Penopengan besi pada penentuan tembaga secara spektro--fotometri sebagai tembaga(I)- batokuproin disulfonat meng-gunakanoksalat	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Harga Log $\alpha_{M(L)}$ dari beberapa logam dengan adanya asam sitrat sebagai fungsi pH . .	20
Gambar 2. Spektrum senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat	27
Gambar 3. Spektrum senyawa kompleks besi(III) dengan sitrat	34
Gambar 4. Spektrum senyawa kompleks besi(III) dengan dengan salisilat	37



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Permasalahan

Dewasa ini perkembangan industri di Indonesia sudah semakin pesat. Seiring dengan hal itu, selain dampak positif yang dapat kita nikmati, tidak dapat kita sangkal pula dampak negatif yang ditimbulkannya yaitu polusi dan adanya limbah hasil industri. Air limbah industri ini setelah mengalami perlakuan tertentu akan dibuang ke sungai dan pada akhirnya mengalir ke laut. Sebelum air limbah dibuang ke sungai, perlu dilakukan pemantauan lebih dahulu agar kandungan zat-zat berbahaya yang terdapat di dalam air limbah tidak melebihi kadar yang telah ditentukan.

Salah satu jenis zat yang mungkin ada dalam air limbah industri adalah tembaga. Tembaga merupakan salah satu jenis logam berat, sehingga keberadaannya di dalam air limbah perlu terus dilakukan pemantauan. Selain itu, di dalam air limbah juga terdapat ion-ion logam lain, misalnya besi, krom, nikel, dan lain-lainnya.

Analisis logam dalam air biasanya ditentukan secara spektrofotometri serapan atom. Namun alat

spektrofotometer serapan atom merupakan alat yang sangat mahal, sehingga tidak setiap industri memilikinya.

Cara lain dalam analisis tembaga adalah secara spektrofotometri sinar tampak. Alat ini bervariasi, dari tipe yang tergolong canggih sampai tipe yang sederhana, sehingga memungkinkan untuk memiliki. Analisis secara spektrofotometri sinar tampak dapat dilakukan karena ion tembaga dapat membentuk senyawa kompleks berwarna dengan beberapa pengkompleks.

Ada beberapa pereaksi pembentuk kompleks dengan ion tembaga yang dapat digunakan, tetapi tidak semuanya memberikan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Pemilihan pengkompleks ini perlu dilakukan mengingat peran zat pengkompleks yang sangat penting. Pemilihan ini pada umumnya didasarkan pada kemudahan melakukan analisis, kestabilan senyawa kompleks yang terbentuk dan gangguan ion-ion lain seminimal mungkin. Di antara zat-zat pengkompleks yang dapat membentuk senyawa kompleks berwarna dengan ion tembaga dapat juga membentuk kompleks serupa dengan ion-ion logam lain, sehingga dapat mengganggu analisis.

Kebanyakan pengkompleks untuk ion tembaga tidak larut dalam air sehingga dalam pengerjaannya kurang praktis karena memerlukan perlakuan ekstraksi lebih dahulu.

Beberapa contoh diantaranya adalah neokuproin dan batokuproin, yang dapat membentuk senyawa kompleks berwarna jingga dengan ion tembaga(I). Namun ada pengkompleks yang larut dalam air sehingga lebih mudah dalam hal pengerjaannya. Senyawa pengkompleks tersebut adalah *dinatrium batokuproin disulfonat* (BCS) atau *dinatrium-2,9-dimetil-4,7-difenil-1,10-fenantrolin disulfonat* yang dapat membentuk kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat (Cu(I)-BCS). Senyawa tersebut berwarna jingga (Kuprivica, 1984) dan memiliki limit deteksi yang cukup kecil yaitu 0,024 ppm (Hartati, 1993). Serupa dengan neokuproin dan batokuproin, senyawa ini sebetulnya spesifik untuk pengkompleks ion tembaga(I). Senyawa ini memiliki struktur induk 1,10-fenantrolin, sedangkan senyawa 1,10-fenantrolin merupakan pengkompleks spesifik untuk besi(II), maka diduga ion besi dapat membentuk senyawa kompleks yang serupa sehingga dapat mengganggu analisis.

Keberadaan tembaga dalam beberapa jenis sampel, misalnya logam aliasi, darah, air limbah, dan sebagainya biasanya bersama-sama dengan besi, oleh karena itu perlu dipelajari pengaruh besi terhadap penentuan tembaga dan upaya mengatasinya, agar metode ini dapat digunakan. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi

gangguan ion lain sebelum analisis dilakukan, misalnya pemisahan melalui ekstraksi pelarut, pengendapan atau dengan cara penopengan (*masking*). Penopengan merupakan alternatif yang banyak dipilih, selama ion-ion pengganggu dapat membentuk senyawa kompleks yang stabil dengan suatu ligan sedangkan ligan tidak mengganggu analisis. Pada penelitian ini zat penopeng yang digunakan adalah ligan-ligan yang memiliki tetapan kestabilan kompleks besar terhadap ion besi tetapi kecil terhadap ion tembaga, misalnya sitrat, salisilat, dan oksalat (Ringbom, 1963).

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan yang telah diuraikan di atas, ada beberapa rumusan masalah dapat disampaikan.

1. Pada konsentrasi berapakah ion besi mulai mengganggu analisis tersebut?
2. Sejauh mana ion sitrat, salisilat dan oksalat dapat menopeng ion besi pada penentuan tersebut?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. mengetahui pengaruh besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sinar tampak sebagai kompleks tembaga(I) -batokuproin disulfonat,

2. mempelajari penopengan besi pada penentuan tembaga menggunakan zat penopeng ion sitrat, salisilat dan oksalat.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pada pengembangan metoda penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat yang merupakan metode alternatif untuk penentuan tembaga di samping metode spektrofotometri serapan atom yang sampai saat ini lazim digunakan.

E. Hipotesis

1. Besi berpengaruh pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat.
2. Ion sitrat, salisilat dan oksalat dapat digunakan zat penopeng besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan tentang Tembaga

Tembaga (Cu) adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa dan liat, melebur pada suhu 1038°C, dan mendidih pada suhu 2595°C. Dalam sistem berkala tembaga termasuk dalam golongan I B dengan nomor atom 29, konfigurasi elektronnya $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ dan masa atom relatifnya adalah 63,54 (Vogel, 1990).

Ada dua deret senyawa tembaga, yaitu senyawa tembaga (I) dan senyawa tembaga (II). Tembaga (I) mudah membentuk kesetimbangan menjadi tembaga (II) dan tembaga (0). Konsentrasi tembaga (I) dalam kesetimbangan sangat rendah (kurang dari 10^{-2} M) dan hanya senyawa sederhana yang stabil dalam air dengan konsentrasi rendah yaitu CuCl dan CuCN. Senyawa tembaga (I) mudah dioksidasi menjadi senyawa tembaga (II) (Cotton, 1988).

Dewasa ini penggunaan logam tembaga untuk tujuan komersial sangat luas, hal ini karena tembaga mempunyai sifat konduktivitas panas [349 W/ (m°K)], konduktivitas listrik pada 20 ° C (1,673 m ohm /cm), serta daya tahan terhadap korosi yang tinggi. Di alam tembaga terdapat sebagai $CuFeS_2$, Cu_2S dan Cu_5FeS_4 (Othmer et al., 1985).

B. Analisis Tembaga

Analisis tembaga dapat dilakukan dengan beberapa metode, baik metode konvensional maupun metode instrumental. Untuk analisis tembaga dalam jumlah yang kecil, metode instrumental lebih banyak digunakan.

Dalam metode instrumental, untuk analisis tembaga dalam jumlah yang kecil dilakukan dengan melibatkan pembentukan senyawa kompleks dan ekstraksi dalam suatu pelarut organik. Pada penetapan tembaga dengan metode ditizon, tembaga membentuk kompleks dengan ditizon yang berwarna merah ungu. Larutan kompleks yang terbentuk diekstraksi dalam pelarut CCl_4 . Untuk mengurangi gangguan dari ion-ion asing seperti Bi, Zn, Fe dan ion logam lain, maka dalam larutan ditambahkan larutan HCl 0,05 - 0,1 N (Sandell, 1959).

Maghsoudi dan Fawzi (1975), telah melakukan penelitian tentang penggunaan 6-fenil-2,3-dihidroksi-as-triazin-3-tion (PDTT) sebagai pereaksi spesifik untuk penentuan tembaga(II). Kompleks yang terbentuk, Cu(II)-PDTT , diekstraksi dalam pelarut kloroform. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompleks Cu(II)-PDTT dalam kloroform sangat stabil dalam waktu yang relatif lama. Larutan kompleks ini disimpan dalam tabung tertutup selama 1 tahun, tidak menunjukkan adanya perubahan intensitas warna saat

dibandingkan dengan larutan yang baru dibuat. Sebelum dilakukan ekstraksi, metode ini memiliki batas deteksi sebesar 5 $\mu\text{g/mL}$ tembaga. Sedangkan setelah ekstraksi dilakukan, batas deteksi yang dihasilkan menjadi lebih kecil lagi yaitu 0,5 $\mu\text{g/mL}$ tembaga.

Tembaga dapat ditentukan secara kolorimetri menggunakan sejumlah pereaksi untuk membentuk senyawa kompleks berwarna, misalnya natrium dietilditiokarbamat dalam suasana alkalis dapat membentuk senyawa kompleks berwarna kuning dengan ion tembaga(II). Kompleks ini larut dalam pelarut organik dan dapat diekstraksi dengan metil kloroform untuk memisahkan ion logam lain yang mengganggu (Thomas and Camberlain, 1980).

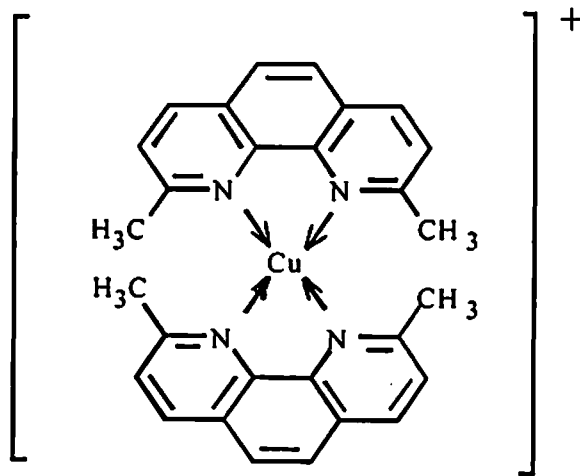
Kompleks berwarna juga dapat dihasilkan oleh reaksi tembaga(II) dengan ditiooksamida (asam rubeanat). Dalam larutan yang mengandung asam asetat, nikel dan kobal juga memberikan warna yang sama. Warna atau endapan juga dihasilkan dengan adanya platinum, paladium atau perak, sedangkan besi dalam jumlah lebih besar dari renik dapat memberikan warna coklat sehingga mengganggu analisis. Merkuri dan logam berat lain juga mengganggu, tetapi aluminium, bismut, kromium, kalsium, mangan dan anion logam alkali dalam jumlah kecil tidak mengganggu analisis (Thomas and Camberlain, 1980)

C. Analisis Tembaga dengan Pereaksi Kuproin dan turunannya

Kuproin atau 2,2 -bikunolin bereaksi dengan tembaga(I) membentuk kompleks yang mudah diekstraksi ke dalam n-amil alkohol. Prosedur ini dapat digunakan dengan hasil baik bila diterapkan untuk analisis mineral dan bijih yang mengandung tembaga sekitar 0,001 hingga 10 % (Thomas and Camberlain, 1980).

Smith dan Mc Curdy (1951) melakukan penelitian mengenai penggunaan senyawa spesifik untuk menentukan tembaga secara spektrofotometri. Penelitian ini dilakukan mengingat penggunaan pengkompleks seperti dietilditiokarbamat atau ditizon dalam penentuan tembaga baik dalam jumlah mikro dan makro secara spektrofotometri tidak memberikan hasil yang baik. Kelemahan itu disebabkan oleh pembentukan warna yang serupa antara ditizon dengan ion besi, nikel dan kobal. Dalam hal ini Smith dan Mc Curdy menggunakan senyawa 2,9-dimetil-1,10-fenantrolina atau dikenal sebagai senyawa neokuproin yang bereaksi dengan tembaga(I). Senyawa kompleks yang terbentuk mempunyai harga koefisien ekstingsi molar sebesar 7950. Harga ini lebih besar daripada koefisien ekstingsi molar kompleks tembaga(I) dengan kuproin. Kompleks berwarna yang terbentuk dapat diekstraksi dengan

n-heksil alkohol pada daerah pH 3 hingga 10. Senyawa kompleks ini berwarna jingga, dengan perbandingan 2 mol neokuprin untuk 1 mol tembaga(I) yang ditentukan dengan metode variasi kontinu. Struktur senyawa kompleks seperti tercantum pada gambar di bawah ini.



Adanya besi(II) dan besi(III) pada penentuan ini dapat ditopeng dengan asam sitrat. Penggunaan fluorida, pirofosfat, oksalat dan tartrat sebagai zat penopeng juga dipelajari, tetapi sitrat merupakan zat penopeng yang lebih baik.

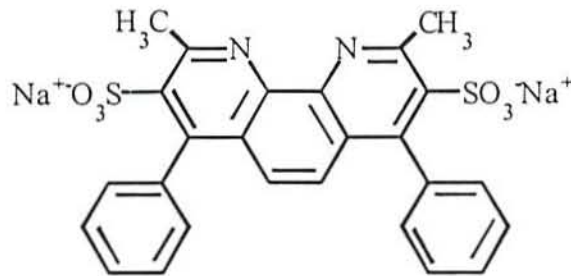
Penelitian mengenai penggunaan neokuproin sebagai pengkompleks tembaga kemudian dilanjutkan oleh Gahler (1954), yang mempelajari pengaruh pelarut, konsentrasi tembaga, pH dan beberapa penerapannya untuk penentuan

tembaga dalam mineral dan bijih. Dalam penelitian ini Gahler menggunakan natrium sitrat sebagai zat penopeng untuk ion-ion logam lain.

Pengkompleks spesifik lain untuk tembaga adalah 2,9-dimetil-4,7-difenil-1,10-fenantrolina atau batokuproin, yang larut dalam n-heksil alkohol. Senyawa kompleks yang terbentuk dapat diekstraksi dengan alkohol dan mempunyai koefisien ekstingsi molar sebesar 13.000 pada panjang gelombang maksimum 479 nm. Pengaruh besi dalam larutan dapat dihindari dengan penambahan asam sitrat, karena terbentuk kompleks besi(III)-sitrat yang berwarna hijau. Adanya klorida, nitrat, perklorat, fosfat, sulfat dan sitrat tidak mengganggu penentuan ini (Smith dan Gomistek, 1971)

Batokuproin sebagai pengkompleks tembaga telah pula diterapkan untuk analisis tembaga dalam serum darah. Senyawa kompleks yang terbentuk stabil sampai 24 jam dengan kedapat-ulangan yang baik serta mempunyai korelasi yang baik dengan absorbansi (Cariotti dan Rota, 1989).

Reagen kuproin lain untuk analisis tembaga adalah dinatrium-2,9-dimetil-4,7 difenil-1,10-fenantrolina disulfonat atau dinatrium batokuproin disulfonat. Senyawa ini mempunyai struktur sebagai berikut (Merck, 1990):



Jika larutan natrium batokuproin disulfonat direaksikan dengan ion tembaga(I), akan terbentuk senyawa kompleks yang berwarna jingga dengan komposisi 2,5 molekul batokuproin disulfonat untuk setiap molekul tembaga. Senyawa ini juga cukup stabil, dengan harga tetapan kestabilan 10^{12} yang ditentukan dengan metoda spektrofotometri maupun polarografi denyut diferensial (Hartati, 1993).

Penggunaan senyawa batokuproin disulfonat untuk penentuan tembaga dalam serum darah telah dilakukan oleh Kuprivica, et al (1984). pada panjang gelombang 480 nm. Larutan kompleks yang terbentuk stabil selama 1 jam setelah pembentukan kompleks sedangkan konsentrasi yang masih memenuhi hukum Lambert-Beer adalah sampai dengan $4,722 \mu\text{mol Cu/L}$ dengan presisi 6,3%

Kuban, et al (1989) menggunakan batokuproin disulfonat dan batofenantrolin untuk menentukan tembaga dan besi secara simultan. Penggunaan campuran 0,6mM batokuproin

disulfonat dan 0,2 mM batofenantrolin disulfonat pada penentuan tembaga dan besi dalam serum darah dengan kadar besi sekitar 0,7 hingga 33 μM dan kadar tembaga sekitar 0,45 hingga 35 μM . Pada perbandingan kadar Cu:Fe = 10 memberikan kesalahan kurang dari 3%.

Batokuproin disulfonat telah diteliti merupakan zat pengkelat untuk tembaga yang kemudian dapat bergabung dengan resin penukar ion pada pengkayaan jumlah renik tembaga. Penggabungan yang terjadi paling efektif bila dibandingkan dengan bahan-bahan pengkelat lain untuk tembaga. Metode ini dapat diterapkan untuk penentuan tembaga dalam air laut atau air sungai (Ohzeki, 1990)

Moffet (1985) telah mempelajari penentuan tembaga(I) pada tingkat sub-mikromolar dengan adanya tembaga(II) dalam media berair secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat. Tembaga(II) mengganggu penelitian ini yang dapat ditopeng dengan etilen diamin sedangkan ion klorida tidak mengganggu analisis sehingga dapat dikatakan bahwa kompleks tembaga(I) dengan batokuproin disulfonat lebih kuat daripada kompleks tembaga(I) dengan klorida. Hal ini didukung oleh penelitian Hartati (1995a) yang menunjukkan bahwa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat memiliki

kestabilan tinggi dengan harga tetapan kestabilan sebesar 1×10^{12} .

Penggunaan prosedur kolorimetri penentuan tembaga dalam air limbah pelapisan logam sebagai kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat telah dilakukan oleh Van Bunnbeeck (1982) yang menunjukkan reproduksibilitas penentuan lebih kecil 0,05 mg/L untuk kadar 1mg/L. Hasil yang sesuai juga ditunjukkan oleh penelitian Hartati (1995b) yang menyimpulkan bahwa penentuan tembaga sebagai kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat memiliki limit deteksi, kepekaan dan kecermatan analisis yang relatif lebih baik dibandingkan penentuan tembaga secara spektrofotometri serapan atom.

D. Reaksi Pembentukan Senyawa Kompleks

1. Pembentukan senyawa kompleks

Suatu ion atau molekul kompleks terdiri dari satu ion atau atom pusat dan sejumlah ligan yang terikat erat dengan ion atau atom pusat itu. Jumlah relatif komponen-komponen ini dalam senyawa kompleks yang stabil tampak mengikuti stokiometri yang tertentu, meskipun ini tidak dapat ditafsirkan dalam lingkup konsep valensi yang klasik. Atom pusat ini ditandai oleh bilangan koordinasi, yaitu suatu angka bulat yang menunjukkan jumlah ligan

(monodentat) yang dapat membentuk senyawa kompleks stabil dengan satu ion/atom pusat (Svehla, 1979).

Bilangan koordinasi dalam senyawa kompleks dapat dua, tiga, empat, lima, enam atau yang lebih tinggi. Masing-masing bilangan koordinasi ini akan memberikan tatanan ruang geometri yang berbeda. Pada senyawa kompleks dengan bilangan koordinasi dua, memiliki geometri linier sedangkan kompleks dengan bilangan koordinasi tiga memiliki geometri planar dan piramidal. Bilangan koordinasi yang penting dan memberikan dua geometri yang utama yaitu tetrahedral dan bujur sangkar. Pada senyawa yang memiliki bilangan koordinasi lima, terdapat dua tatanan geometri simetris yaitu bipiramidal trigonal dan piramidal bujur sangkar. Biasanya bentuk ini memiliki energi tidak jauh berbeda sehingga bentuk yang satu dapat berubah menjadi bentuk yang lain dengan sedikit perubahan sudut ikatan. Oleh karena itu senyawa kompleks koordinasi lima tidak mempunyai struktur yang tepat. Bilangan koordinasi enam merupakan bilangan koordinasi yang cukup penting, karena hampir semua kation membentuk kompleks koordinasi enam. Secara praktis semua kompleks koordinasi enam memiliki sebuah bentuk geometri yaitu oktahedron (Cotton and Wilkinson, 1989)

Beberapa contoh senyawa kompleks dituliskan seperti berikut:

$[\text{Fe}(\text{CNS})_6]^{4-}$ heksatiosianatoferat(II)

$[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$ tetrasianokuprat(I)

$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ ditiosulfatoargentat(I)

Dari contoh-contoh di atas terlihat kaidah tatanama yang jelas. Ion pusat (seperti Fe(II), Cu(I) dan Ag(I), dsb.) diikuti oleh rumus ligan dengan bilangan indeks stoikiometri (yang dalam hal ligan monodentat adalah sama dengan bilangan koordinasi).

2. Reaksi senyawa kompleks

Kemampuan ion kompleks melakukan reaksi yang menghasilkan penggantian satu atau lebih ligan dalam lingkungan koordinasinya oleh yang lain disebut kelabilan. Kompleks yang reaksinya sangat cepat ini disebut labil, sedangkan yang reaksinya berlangsung lambat atau sama sekali tidak berlangsung disebut inert. Contoh sederhana dari perbedaan ini ditunjukkan oleh ion kompleks $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ yang dapat berada selama beberapa hari dalam medium asam karena inert secara kinetik atau tidak ada kelabilan, walaupun fakta secara termodinamik ia tidak stabil (Cotton and Wilkinson, 1989).

3. Tetapan kesetimbangan bagi pembentukan senyawa kompleks

Pembentukan senyawa kompleks dalam larutan air merupakan hal yang sangat penting, bukan saja dalam kimia analisis kimia anorganik tetapi juga dalam biokimia, kimia analisis dan dalam berbagai penerapan.

Sebagai misal adalah jika ion logam M dan suatu ligan monodentat L bersama-sama dalam larutan dan tidak ada produk tak larut yang terbentuk, maka pernyataan kesetimbangan dalam sistem diberikan sebagai berikut:



Dalam hal ini n mewakili bilangan koordinasi maksimum ion logam M bagi ligan L. Besarnya n dapat beragam bergantung pada jenis ligan.

Cara lain untuk menyatakan hubungan kesetimbangan adalah sebagai berikut:





Karena hanya boleh ada n kesetimbangan bebas dalam sistem seperti itu, maka hubungan K_i dengan β_i adalah:

$$\beta_i = K_1 K_2 K_3 \quad K_k = \prod_{i=1}^{i=k} K_i$$

Dalam hal ini K_i disebut tetapan pembentukan bertahap (tetapan kestabilan bertahap) dan β_i disebut tetapan pembentukan total (tetapan kestabilan total).

Sebagai contoh diberikan data tetapan kestabilan total dan tetapan kestabilan bertahap kompleks ion tembaga dengan beberapa ligan.

Tabel I. Tetapan kestabilan kompleks tembaga dengan beberapa ligan (Ringbom, 1963).

No.	Ligan	Kompleks	log $K_{stab.}$
1.	sitrat	CuL	18,0
2.	salisilat	CuL ₂	18,5
3.	oksalat	CuL ₂	8,0

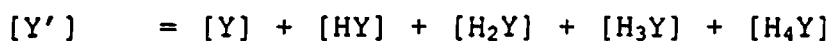
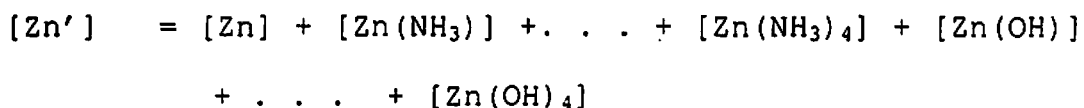
4. Tetapan Stabilitas Kondisional

Tetapan stabilitas senyawa kompleks yang telah diuraikan di atas berlaku bila tidak ada reaksi samping. Jika ada pengaruh reaksi samping maka berlaku tetapan yang baru, yaitu:

$$K' = K_{M'L'} = \frac{[ML]}{[M'][L']}$$

Dalam hal ini, $[M']$ adalah konsentrasi ion logam bebas dan konsentrasi total logam yang tidak bereaksi dengan zat pengkompleks, $[L']$ adalah konsentrasi ligan dalam keadaan bebas dan konsentrasi semua spesies zat pengkompleks yang tidak bereaksi dengan ion logam, sedangkan K' adalah tetapan kondisional.

Sebagai contoh, pada titrasi kompleksometri seng dengan EDTA ($=H_4Y$) dalam larutan bufer amonia, maka:



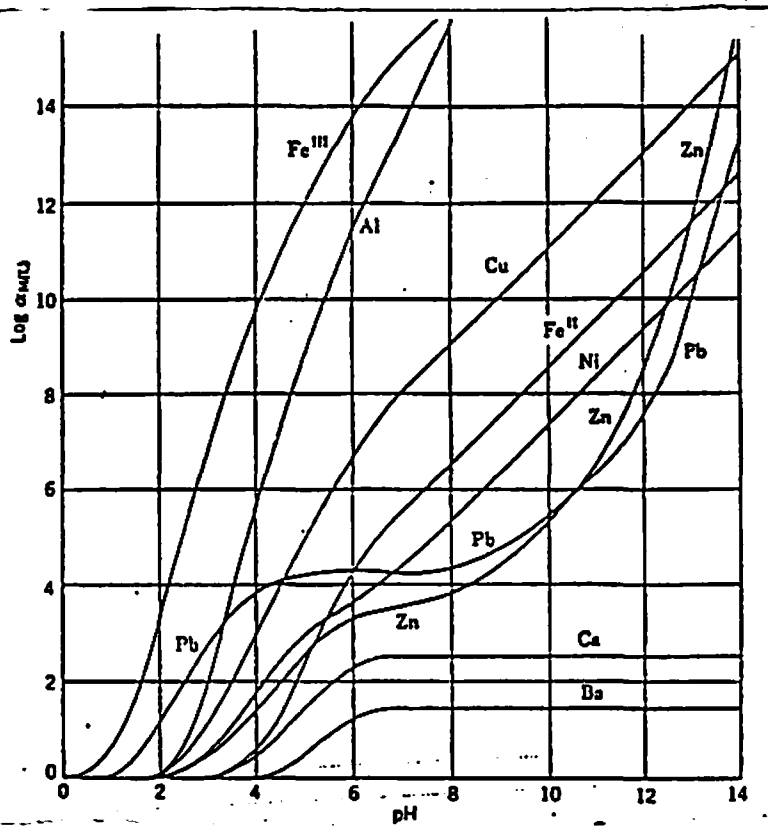
Dalam reaksi pengkompleksan sering terlibat dalam media yang mengandung zat pengkompleks yang lain. Sebagai contoh, pada titrasi kompleksometri dengan EDTA maka ion-ion logam seperti Co, Ni, Cu dan Zn tidak mengganggu penentuan kalsium yang mengandung KCNS, karena ion-ion logam tersebut ditopeng oleh ion sianida. Cara penambahan

ion sianida seperti tersebut di atas dikenal sebagai penopeng, yang bertujuan untuk menurunkan harga tetapan stabilitas kondisional. Dengan adanya penopeng maka persamaan tetapan stabilitas kondisional dapat ditulis:

$$K_{ML} = \frac{K_{ML}}{\alpha_{M(A)} \alpha_{L(B)}}$$

Dalam hal ini A dan B adalah zat penopeng.

Berikut digambarkan kemampuan asam sitrat untuk menopeng beberapa ion logam.



Gambar 1. Harga $\log \alpha_{M(L)}$ dari beberapa logam dengan adanya asam sitrat sebagai fungsi pH (Ringbom, 1963).

BAB III METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan penelitian

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai derajat kemurnian pro analisis:

- a. tembaga sulfat penta hidrat,
- b. dinatrium batokuproin disulfonat,
- c. hidroksilamin hidroklorida,
- d. natrium asetat,
- e. asam asetat glasial,
- f. serbuk besi,
- g. asam nitrat,
- h. natrium sitrat,
- i. asam salisilat,
- j. kalium oksalat monohidrat,
- k. natrium hidroksida

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah aqua demineralisata (aquadem).

2. Alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. spektrofotometer Beckman DU 7500,

- b. spektrofotometer Shimadzu UV 1201,
- c. pH meter,
- d. neraca analitis,
- e. mikro buret 1mL, dan
- e. alat-alat gelas yang lazim digunakan.

B. Pembuatan Larutan

1. Larutan induk

Larutan induk tembaga 10^{-2} M dibuat dengan melarutkan 1,2488 gram tembaga sulfat penta hidrat dengan aquadem dalam gelas piala dan diencerkan hingga 500 mL dalam labu ukur. Sebelumnya, kadar tembaga dalam tembaga sulfat penta hidrat yang digunakan ditentukan secara titrasi iodometri.

Larutan induk besi $5 \cdot 10^{-2}$ M dibuat dengan cara melarutkan 0,2792 gram serbuk besi dengan larutan asam nitrat 1:3 sedikit demi sedikit hingga tepat larut sambil dipanaskan. Kelebihan asam dikurangi dengan cara pengenceran dan penguapan serta dengan penambahan sedikit larutan natrium hidroksida. Larutan kemudian diencerkan dengan aquadem menjadi 100 ml dalam labu ukur.

Larutan induk natrium sitrat 1M dibuat dengan melarutkan 29,4102 gram natrium sitrat dengan aquadem, dan diencerkan menjadi 100 mL.

Larutan induk natrium salisilat dibuat dengan cara melarutkan asam salisilat dengan larutan natrium hidroksida hingga tepat larut dan diencerkan hingga 100 mL, sedangkan larutan induk kalium oksalat 0,1M dilakukan dengan melarutkan 1,8427 gram kalium oksalat monohidrat dengan aquadem lalu diencerkan menjadi 100 mL.

2. Larutan kerja

Larutan kerja untuk tembaga(II), besi(III), sitrat, salisilat dan oksalat dibuat dengan cara mengencerkan larutan induk masing-masing.

3. Larutan pereaksi

Larutan dinatrium batokuproin disulfonat (BCS) $10^{-3}M$ dibuat dengan cara menimbang 0,1412 gram dilarutkan dengan aquadem dan diencerkan hingga 250mL. Larutan hidroksilamin hidroklorida 1% dibuat dengan cara melarutkan 2,5014 gram dengan aquadem dan diencerkan hingga 250 mL (larutan ini selanjutnya disebut larutan pereduksi). Larutan natrium asetat 1M dibuat dengan melarutkan 41,0150 gram dengan aquadem dan diencerkan

hingga 500 mL, sedangkan asam asetat 0,1M dibuat dengan mengencerkan 28,6 mL asam asetat glasial menjadi 500 mL.

C. Pembakuan Larutan

1. Pembakuan larutan tembaga (II)

Pembakuan larutan tembaga(II) dilakukan dengan metode iodometri. Dipipet 10,0 mL larutan tembaga (II) , ditambahkan 2 mL larutan KI 10%, kemudian dikocok. I_2 yang timbul dititrasi dengan larutan baku sekunder tiosulfat sampai larutan berwarna kuning muda, ditambah 2 mL larutan amilum dan titrasi dilanjutkan sampai warna biru hampir hilang. Kemudian ditambahkan 2 mL larutan KCNS 10 %. Warna biru akan timbul lagi. Titrasi segera dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.

2. Pembakuan larutan tiosulfat

Larutan baku sekunder tiosulfat dibakukan dengan larutan baku primer KIO_3 . Dipipet 10,0 mL larutan baku KIO_3 0,1 N, dimasukkan dalam labu titrasi, ditambah 2 mL H_2SO_4 2N dan 8 mL larutan KI 10 %, dikocok perlahan-lahan. Larutan ini dititrasi dengan larutan tiosulfat sampai berwarna kuning pucat, diencerkan dengan akuades sampai volume 40 mL dan ditambahkan 2-4 mL larutan

amilum. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang. Larutan KIO_3 0,1 N dibuat dengan cara menimbang dengan teliti 0,3567 gram KIO_3 , dilarutkan dengan akuades dalam gelas piala, kemudian dimasukkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades sampai garis batas.

D. Prosedur Kerja

1. Pengaruh besi pada penentuan tembaga

Ke dalam labu ukur 10 ml ditambahkan larutan tembaga(II) dengan konsentrasi tertentu lalu ditambah larutan besi sehingga mempunyai perbandingan mol tembaga: besi tertentu, ditambah 1 mL pereduksi, 1 mL larutan natrium asetat dan 1 mL larutan asam asetat dan 2 mL larutan BCS dan ditambah aquadem hingga tanda batas. Larutan diamati absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Sebagai pembanding digunakan larutan blanko.

2. Penopengan besi dengan sitrat, salisilat dan oksalat

Sebelum mempelajari penopengan besi, maka sebelumnya dipelajari pengaruh zat penopeng terhadap absorbansi larutan kompleks tembaga(I)-BCS, seperti prosedur D.1. tetapi larutan besi diganti dengan larutan zat penopeng.

Penopengan besi dilakukan seperti prosedur D.1, tetapi ditambah larutan zat penopeng sebelum ditambah larutan pereaksi lain.

3. Analisis Data

Untuk mempelajari pengaruh besi maupun penopengan besi dengan sitrat, salisisilat maupun oksalat dilakukan dengan analisis Analisis Varian Satu Arah yang dilanjutkan dengan uji LSD dan Duncan menggunakan perangkat lunak (software) SPSS versi 6.0

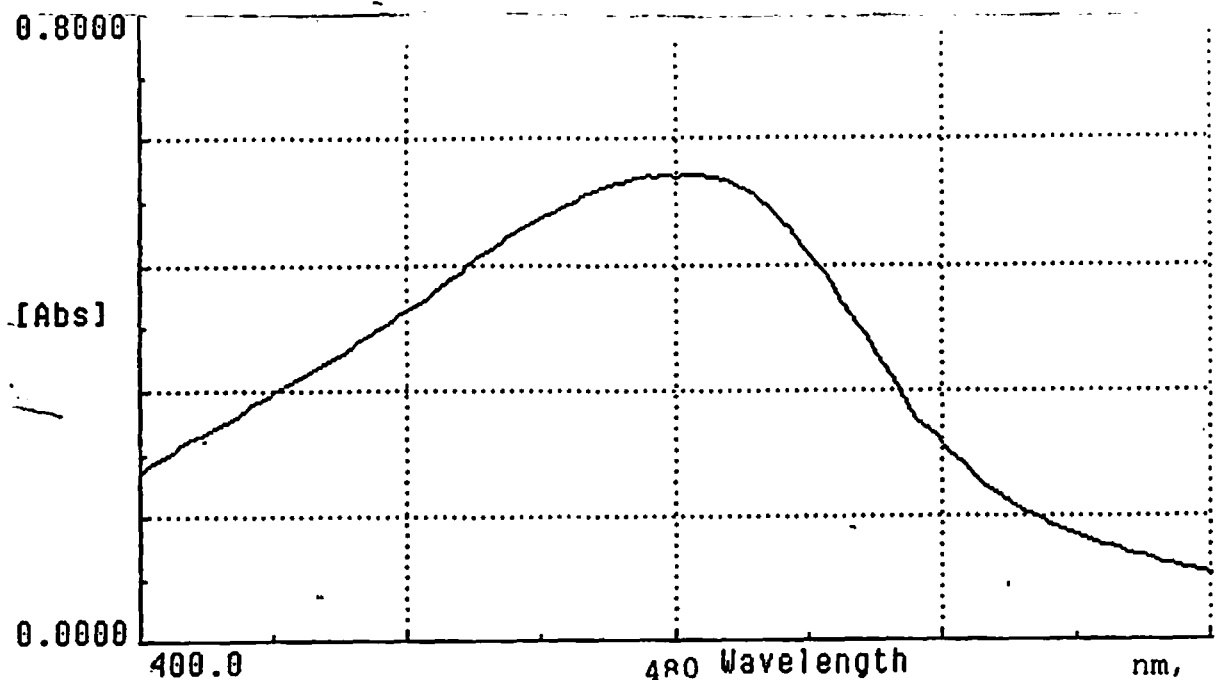
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Besi pada Penentuan Tembaga

Pada penelitian ini, pengaruh besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat atau tembaga(I)-BCS dipelajari terhadap absorbansi larutan dengan konsentrasi tembaga $4 \times 10^{-5} \text{M}$.

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, panjang gelombang maksimum larutan kompleks adalah 480 nm, seperti tercantum pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Spektrum sinar tampak senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat

Pemilihan konsentrasi larutan tembaga sebesar $4 \times 10^{-5} \text{M}$ berdasarkan pada orientasi yang telah dilakukan bahwa absorbansi larutan pada konsentrasi tersebut menunjukkan pada daerah absorbansi yang memberikan kesalahan yang relatif kecil. Secara teoritis, kesalahan pengukuran secara spektrofotometri akan minimal jika pengamatan dilakukan pada kisaran transmitansi 36,8% atau absorbansi 0,434 (Willard, 1988).

Untuk mempelajari pengaruh besi pada penentuan tembaga, dilakukan dengan penambahan larutan besi sehingga memiliki perbandingan mol dengan tembaga yang tertentu. Masing-masing diamati absorbansinya terhadap 5 (lima) larutan. Hasil pengamatan ditampilkan pada tabel II.

Tabel II. Pengaruh besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat.

No.	Absorbansi larutan kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat, tanpa dan dengan adanya ion besi(III) pada beberapa perbandingan mol tembaga:besi.					
	1:0 (grup 1)	1:2 (grup 2)	1:5 (grup 2)	1:10 (grup 3)	1:15 (grup 4)	1:20 (grup 5)
1.	0,476	0,472	0,482	0,477	0,478	0,498
2.	0,474	0,469	0,479	0,476	0,482	0,493
3.	0,474	0,474	0,483	0,477	0,476	0,497
4.	0,472	0,473	0,472	0,476	0,481	0,499
5.	0,475	0,474	0,476	0,474	0,480	0,495
A rata-rata	0,4742	0,4724	0,4784	0,4760	0,4794	0,4964

Untuk mempelajari pengaruh besi pada penentuan tembaga ini, maka data yang tercantum pada tabel II kemudian dihitung berdasarkan Analisis Varian Satu Arah menggunakan perangkat lunak SPSS versi 6.0. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa F prob. sebesar 0,0000, yang berarti ada perbedaan antar grup perlakuan. Untuk mengetahui grup mana yang berbeda (terutama dalam penelitian ini untuk menunjukkan grup mana yang berbeda dengan grup 1) kemudian dilakukan analisis menggunakan uji LSD dan Duncan. Kedua uji ini menunjukkan hasil yang sama, yaitu grup 3,4, 5 dan 6 berbeda dengan grup 1. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh besi sudah tampak bila jumlah mol besi yang ada 5 kali atau lebih besar dari pada jumlah mol tembaga yang ada dalam sampel. Data perhitungan selengkapnya dicantumkan pada lampiran 4. Dari data pada tabel II dapat dilihat pula bahwa semakin besar jumlah besi(III) yang ada dalam larutan maka semakin besar absorbansi, yang berarti semakin besar pengaruhnya terhadap penentuan tembaga secara spektrofotometri ini. Hal ini menunjukkan bahwa ada ion besi(III) yang ikut tereduksi menjadi besi(II) yang kemudian bereaksi dengan batokuproin disulfonat. Walaupun secara teoritis telah dibahas bahwa besi(II)

yang bereaksi kuat dengan 1,10-fenantrolin tidak dapat membentuk senyawa kompleks berwarna dengan batokuproindisulfonat karena adanya gugus metil pada posisi 2 dan 9 dari cincin 1,10-fenantrolin (Moffett, et al, 1985). Namun penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh ion besi pada penentuan tembaga. Untuk penentuan sejumlah renik tembaga dalam sampel yang kandungan besinya cukup tinggi dengan cara spektrofotometri ini maka perlu diupayakan penanganan gangguan besi ini. Hal ini dimaksudkan agar metode penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat ini dapat diterapkan untuk analisis kadar tembaga dalam sampel dengan kadar besi yang cukup tinggi. Untuk mengatasi gangguan besi, pada penelitian ini digunakan cara penopengan (*masking*) dengan tiga macam ligan secara terpisah yaitu ion sitrat, salisilat dan oksalat.

B. Penopengan Besi dengan Sitrat

Sebelum dilakukan penopengan besi dengan sitrat, terlebih dahulu dipelajari pengaruh sitrat terhadap kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat dengan cara mengamati absorbansi larutan kompleks tembaga(I)-BCS

dengan adanya ion sitrat dan hasilnya seperti terlihat pada tabel III, sedangkan data selengkapnya dicantumkan pada lampiran.

Tabel III. Pengaruh sitrat pada absorbansi senyawa kompleks tembaga(I)-BCS

No.	Perbandingan mol tembaga : sitrat	Absorbansi
1.	1 : 0	0,474
2.	1 : 5	0,476
3.	1 : 10	0,475
4.	1 : 20	0,474
5.	1 : 50	0,475
6.	1 : 100	0,469
7.	1 : 1000	0,460

Dari tabel III di atas dapat dikatakan bahwa ion sitrat tidak berpengaruh terhadap absorbansi senyawa kompleks tembaga(I)-BCS pada penambahan kurang dari 100 kali jumlah mol tembaga yang ada.

Setelah dipelajari pengaruh sitrat pada penentuan ini kemudian dilakukan penopengan besi, menggunakan ion sitrat sebagai zat penopeng dengan jumlah yang tetap sedangkan jumlah mol besi divariasikan. Data pengamatan absorbansi larutan kompleks dicantumkan pada tabel IV. Untuk mempelajari penopengan digunakan pula Analisis Varian Satu Arah yang dilanjutkan dengan uji LSD dan Duncan.

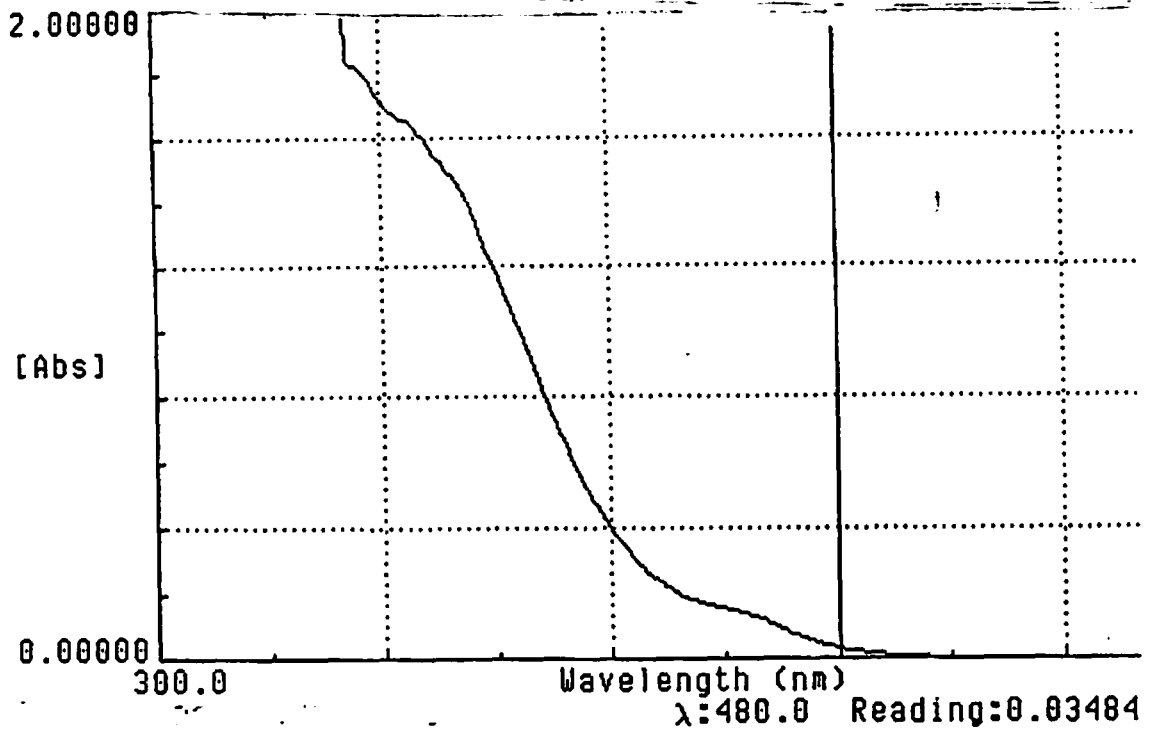


Tabel IV. Penopengan besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai tembaga(I)-BCS menggunakan sitrat.

No.	Absorbansi larutan kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat yang mengandung sitrat, tanpa dan dengan adanya besi pada beberapa perbandingan mol tembaga : besi				
	1 : 0 (grup 1)	1 : 20 (grup 2)	1 : 30 (grup 3)	1 : 40 (grup 4)	1 : 50 (grup 5)
1.	0,476	0,475	0,482	0,488	0,491
2.	0,474	0,474	0,472	0,479	0,483
3.	0,471	0,476	0,477	0,482	0,489
4.	0,472	0,471	0,479	0,480	0,482
5.	0,475	0,472	0,482	0,482	0,491
Arata- rata	0,4736	0,4736	0,4784	0,4822	0,4872

Dari perhitungan yang dicantumkan pada lampiran 5 ditunjukkan bahwa $F_{\text{prob}} = 0,0000$ yang berarti ada perbedaan antar grup perlakuan. Kemudian dari uji LSD dan Duncan diperoleh hasil yang sama yaitu grup 3,4 dan 5 berbeda dari grup 1, hal ini menunjukkan bahwa sitrat dapat menopeng besi bila kadar besi di dalam larutan ≤ 20 kali jumlah mol tembaga yang ada dalam larutan atau dapat dikatakan bahwa bila jumlah mol besi lebih dari 20 kali jumlah mol tembaga yang ada maka tidak dapat ditopeng oleh sitrat. Dari data tabel IV dapat dilihat bahwa bila kadar besi di dalam larutan semakin tinggi maka absorbansi larutan

bertambah besar, hal ini disebabkan oleh warna senyawa kompleks besi(II) dan besi(III) dengan sitrat yang berwarna hijau kekuningan, seperti ditunjukkan oleh spektrum sinar tampak senyawa kompleks besi(III) dengan sitrat (gambar 2). Dari spektrum tersebut dapat dilihat bahwa senyawa kompleks tersebut juga memberikan absorbansi yang cukup berarti pada panjang gelombang 480 nm, walaupun kompleks besi(III) dengan sitrat ini sangat stabil dengan K_{stab} sebesar 10^{25} sedangkan K_{stab} kompleks tembaga(II) dengan sitrat sebesar 10^{18} . Seharusnya dengan perbedaan harga K_{stab} yang sangat besar (lebih dari 10^5) penopengan dapat dilakukan dengan sempurna. Namun demikian untuk kadar besi yang tidak terlalu besar maka penopengan ini dapat dilakukan dengan baik sehingga metoda penentuan ini dapat digunakan untuk penentuan tembaga dengan kadar besi yang tidak terlalu tinggi.



Gambar 3. Spektrum sinar tampak senyawa kompleks besi(III) dengan sitrat.

C. Penopengan Besi dengan Salisilat

Pada penelitian ini dipelajari pula penopengan besi dengan salisilat. Sebelumnya diamati pula pengaruh salisilat terhadap absorbansi kompleks tembaga(I)-BCS, yang hasilnya dicantumkan pada tabel V.

Tabel V. Pengaruh salisilat terhadap absorbansi kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat.

No.	Perbandingan mol tembaga : salisilat	Absorbansi
1.	1 : 0	0,474
2.	1 : 5	0,476
3.	1 : 10	0,474
4.	1 : 20	0,473
5.	1 : 50	0,470
6.	1 : 100	0,476
7.	1 : 500	0,470

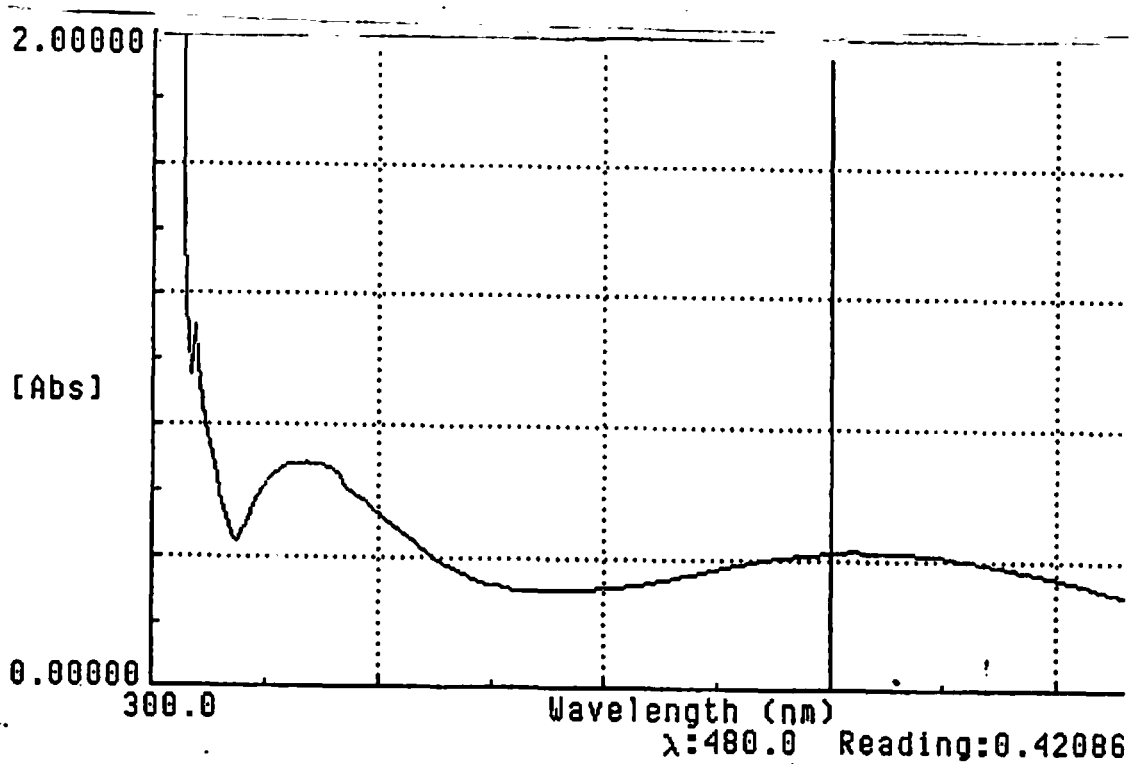
Dari tabel di atas terlihat bahwa salisilat tidak berpengaruh terhadap absorbansi kompleks tembaga(I)-BCS, oleh karena itu perlu dipelajari sebagai zat penopeng besi pada penentuan tembaga ini, karena harga $K_{stab.}$ besi(III) dengan salisilat adalah sangat besar yaitu $10^{35,3}$ (Ringbom, 1963). Hasil penopengan besi dengan salisilat ini selengkapnya dicantumkan pada tabel VI.

Dari data absorbansi larutan pada tabel VI dengan cara yang sama seperti pada penopengan besi dengan ion sitrat, maka penopengan besi dengan salisilat ini juga dihitung berdasarkan Analisis Varian Satu Arah yang dilanjutkan dengan uji LSD dan Duncan. Hasil selengkapnya ditampilkan pada lampiran 6. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa ada perbedaan antar grup perlakuan, sedangkan hasil uji LSD dan Duncan menunjukkan hasil yang sama yaitu grup 2,3 dan 4 berbeda dengan grup 1 yang berarti bahwa besi tidak dapat ditopeng dengan salisilat.

Tabel VI. Penopengan besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai kompleks tembaga(I)-BCS menggunakan salisilat.

No.	Absorbansi larutan kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat yang mengandung sitrat, tanpa dan dengan adanya besi pada beberapa perbandingan mol tembaga : besi			
	1 : 0 (grup 1)	1 : 10 (grup 2)	1 : 40 (grup 3)	1 : 50 (grup 4)
1.	0,476	0,557	0,846	0,809
2.	0,474	0,546	0,821	0,793
3.	0,471	0,547	0,781	0,812
4.	0,472	0,552	0,821	0,878
5.	0,475	0,535	0,820	0,856
Arata-rata	0,4736	0,5474	0,8178	0,8296

Dari tabel VI terlihat pula bahwa terbentuknya kompleks besi(III) dengan salisilat yang berwarna ungu sangat mengganggu penentuan ini yang ditunjukkan dengan peningkatan absorbansi yang cukup besar. Hal ini dapat ditunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum kompleks besi(III) dengan salisilat berdekatan dengan panjang gelombang maksimum kompleks tembaga(I)-BCS, seperti terlihat pada gambar 4, tampak bahwa panjang gelombang maksimum kompleks besi(III) dengan salisilat adalah 491 nm, sehingga pada 480 nm mempunyai absorbansi yang cukup besar, yang justru dapat mengganggu penentuan ini.



Gambar 4. Spektrum sinar tampak senyawa kompleks besi(III) dengan salisilat.

D. Penopengan Besi dengan Oksalat

Seperti halnya pada penopengan besi dengan sitrat dan salisilat, maka sebelum mempelajari penopengan dengan oksalat diamati lebih dahulu pengaruh oksalat terhadap absorbansi kompleks tembaga(I)-BCS, yang hasilnya seperti tercantum pada tabel VII.

Tabel VII. Pengaruh oksalat terhadap absorbansi kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat.

No.	Perbandingan mol tembaga : salisilat	Absorbansi
1.	1 : 0	0,474
2.	1 : 5	0,472
3.	1 : 10	0,472
4.	1 : 20	0,469
5.	1 : 50	0,473
6.	1 : 100	0,470

Dari tabel di atas terlihat bahwa oksalat tidak berpengaruh terhadap absorbansi kompleks tembaga(I)-BCS, Oleh karena itu dalam penelitian ini juga dicoba untuk menopeng besi. Data selengkapnya ditunjukkan pada tabel VIII.

Tabel VIII. Penopengan besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai kompleks tembaga(I)-BCS menggunakan oksalat

No.	Absorbansi larutan kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat yang mengandung oksalat, tanpa dan dengan adanya besi pada beberapa perbandingan mol tembaga : besi					
	1 : 0 grup 1	1:20 grup 2	1: 40 grup 3	1::60 grup 4	1 : 80 grup 5	1: 100 grup 6
1.	0,476	0,474	0,473	0,476	0,479	0,481
2.	0,474	0,473	0,478	0,480	0,483	0,478
3.	0,471	0,474	0,480	0,480	0,481	0,485
4.	0,472	0,476	0,475	0,471	0,477	0,484
5.	0,475	0,471	0,471	0,479	0,482	0,480
Arata-rata	0,4736	0,4736	0,4754	0,4772	0,4804	0,4816

Dari data tabel VIII kemudian dilakukan Analisis Varian Satu Arah menunjukkan bahwa F prob. sebesar 0,0003 yang berarti ada perbedaan antar grup perlakuan. Uji LSD dan Duncan menunjukkan bahwa grup 5 dan 6 berbeda dengan grup 1, sedangkan grup 2,3 dan 4 tidak menunjukkan adanya perbedaan. Hal ini menunjukkan bahwa ion oksalat mampu menopeng besi sampai dengan kadar besi 60 kali jumlah mol tembaga yang ada. Data perhitungan selengkapnya dicantumkan pada lampiran 7.

Jika dibandingkan dengan sitrat maka oksalat memberikan hasil yang lebih baik. Hal ini ditunjukkan kemampuan oksalat menopeng besi dalam larutan dengan kadar besi yang sangat tinggi, yang lebih dari tiga kali kadar besi yang dapat ditopeng dengan sitrat. Jika dibandingkan dengan kompleks besi(III)-oksalat dengan kompleks besi(III)-sitrat, maka harga $K_{stab.}$ kompleks besi(III)-oksalat hanya $10^{18.5}$ yang berarti jauh lebih kecil dibandingkan $K_{stab.}$ kompleks besi(III)-sitrat. Tetapi $K_{stab.}$ tembaga(II)-oksalat hanya 10^8 , sehingga penopengan menjadi lebih sempurna. Hasil yang diperoleh ini ternyata tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Smith dan Mc Curdy (1951) pada penentuan tembaga dengan pengkompleks neocuproin, yang

menunjukkan bahwa sitrat adalah penopeng yang lebih baik daripada oksalat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan:

1. Besi berpengaruh pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat, pengaruh tersebut sudah tampak pada perbandingan mol tembaga dan besi 1:5
2. Sitrat dan oksalat dapat menopeng besi pada penentuan tembaga sedangkan salisilat tidak dapat. oksalat dapat menopeng besi sampai dengan jumlah mol besi 60 kali jumlah mol tembaga yang ada sedangkan sitrat dapat menopeng besi sampai dengan jumlah mol besi 20 kali jumlah mol tembaga yang ada.

B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan agar dipelajari pengaruh ion-ion logam selain besi pada penentuan tembaga secara spektrofotometri sebagai senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat dan upaya mengatasinya sehingga metode ini dapat digunakan untuk penentuan tembaga dalam sampel air limbah yang mengandung matriks ion-ion logam.

DAFTAR PUSTAKA

- Cariotti, G dan Rotta, F., 1989, "Chem. Abst", vol 111, no 1704322.
- Cotton, FA dan Wilkinson, G., 1989, "Kimia Anorganik Dasar", UI Press, Jakarta
- Gahler, AR, 1954, "Analytical Chemistry", vol 26, no 3, 577-579.
- Hartati, 1993, Studi Perbandingan Metoda penentuan Tembaga dalam Campuran Logam secara Spektrofotometri dan Polarografi Denyut Diferensial, Tesis, ITB, Bandung
- Hartati, 1995a , Komposisi dan konstanta kestabilan senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat, JNK, Vol.1
- Hartati, 1995b, "Analisis tembaga dalam air limbah pelapisan logam secara spektrofotometri" , Lembaga Penelitian Unair, Surabaya
- Kuban, V, et al, 1989, Chem. Abstr, 111,no.36086 g
- Kuprivica, M, et al, 1984, Chem. Abstr., Vol. 99, no 1722505
- Merck, E, 1990, "Reagent Diagnostic Chemicals", Darmstadt.
- Miller JC, dan Miller JN., 1984, " Statistics for Analytical Chemistry", Ellis Horwood Limited, New York.
- Moffet, JW, 1985, *Analytica Chimica Acta*, Vol. 175, Elsevier Science Publisher BV, Amsterdam , 171-179
- Ohzeki, K, et al, Chem. Abstr., Vol. 112, no 204325 a
- Ringbom,A, 1963, "Complexation in Analytical Chemistry", Interscience Publisher, New York
- Smith dan Gomistek, QH, 1951, "Anal. Chem", vol 53, no 3, 510-511.

Smith, GF dan Mc Curdy, S., 1951, "Anal. Chim. Acta", vol 54, 253-260.

Svehla, G., 1982, "Vogels Text Book of macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis", 5th ed., Longman, London

Thomas, LC dan Chamberlain, GJ, 1980, "Colorimetric Chemical Analytical Methods", 9th ed., The Tintometer, Ltd., Salisbury, England.

Van Buunbeeck, J.B., 1982, Chem. Abstr., 97, 187924 x

Willard, H.H., Merritt, L.L, Dean. JA, Settle, FA, 1988, "Instrumental Methods of analysis", 2nd ed., Wadsworth, Inc., Belmon.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Pengaruh sitrat terhadap absorbansi senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin disulfonat.

No.	Perb. mol Cu:sitrat	Absorbansi (A)	A rata-rata
1.	1 : 0	0,474 0,475	0,474
2.	1 : 5	0,477 0,476	0,476
3.	1 : 10	0,473 0,477	0,475
4.	1 : 20	0,474 0,474	0,474
5.	1 : 50	0,476 0,474	0,475
6.	1 : 100	0,471 0,468	0,469
7.	1 : 1000	0,460 0,460	0,460

LAMPIRAN 2. Pengaruh salisilat terhadap absorbansi senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin di-sulfonat.

No.	Perb. mol Cu:salisilat	Absorbansi (A)	A rata-rata
1.	1 : 0	0,474 0,475	0,474
2.	1 : 5	0,471 0,481	0,476
3.	1 : 10	0,475 0,473	0,474
4.	1 : 20	0,474 0,473	0,473
5.	1 : 50	0,470 0,469	0,470
6.	1 : 100	0,471 0,468	0,469
7.	1 : 500	0,470 0,470	0,470

Lampiran 4 . Data uji statistik untuk mempelajari pengaruh besi

----- ONEWAY -----

Variable ABSORBAN
By Variable KONSENTR

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	.0019	.0004	56.7779	.0000
Within Groups	24	.0002	.0000		
Total	29	.0020			

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
2.7425	5	24	.043

----- ONEWAY -----

Variable ABSORBAN
By Variable KONSENTR

Multiple Range Tests: LSD test with significance level .05

The difference between two means is significant if

$MEAN(J) - MEAN(I) \geq .0018 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$
with the following value(s) for RANGE: 2.92

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

LAMPIRAN 3. Pengaruh oksalat terhadap absorbansi senyawa kompleks tembaga(I)-batokuproin di-sulfonat.

No.	Perb. mol Cu:oksalat	Absorbansi (A)	A rata-rata
1.	1 : 0	0,474 0,475	0,474
2.	1 : 5	0,472 0,472	0,472
3.	1 : 10	0,472 0,471	0,472
4.	1 : 20	0,469 0,468	0,469
5.	1 : 50	0,473 0,473	0,473
6.	1 : 100	0,472 0,468	0,470

G G G G G G
 r r r r r r
 p p p p p p
 2 1 4 3 5 6

Mean KONSENTR

.4724	Grp 2	
.4742	Grp 1	
.4760	Grp 4	*
.4784	Grp 3	**
.4794	Grp 5	***
.4964	Grp 6	*****

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly different)

Subset 1

Group	Grp 2	Grp 1
Mean	.4724	.4742

Subset 2

Group	Grp 1	Grp 4
Mean	.4742	.4760

Subset 3

Group	Grp 4	Grp 3
Mean	.4760	.4784

Subset 4

Group	Grp 3	Grp 5
Mean	.4784	.4794

 Subset 5

Group Grp 6

Mean .4964

----- ONEWAY -----

Variable ABSORBAN
 By Variable KONSENTR

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

The difference between two means is significant if
 $MEAN(J)-MEAN(I) \geq .0018 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$
 with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4	5	6
RANGE	2.92	3.06	3.17	3.23	3.28

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

```

      G G G G G
      r r r r r
      p p p p p
      2 1 4 3 5 6
    
```

Mean KONSENTR

.4724	Grp 2	
.4742	Grp 1	
.4760	Grp 4	*
.4784	Grp 3	* *
.4794	Grp 5	* *
.4964	Grp 6	* * * * *

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly different)

Subset 1

Group	Grp 2	Grp 1
Mean	.4724	.4742

Subset 2

Group	Grp 1	Grp 4
Mean	.4742	.4760

Subset 3

Group	Grp 4	Grp 3	Grp 5
Mean	.4760	.4784	.4794

Subset 4

Group	Grp 6
Mean	.4964

Lampiran 5 . Data uji statistik penopengan besi dengan sitrat

----- ONEWAY -----

Variable ABSORB
By Variable MOL

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	4	.0007	.0002	14.8517	.0000
Within Groups	20	.0002	.0000		
Total	24	.0009			

10 Dec 97 SPSS for MS WINDOWS Release 6.0

----- ONEWAY -----

Variable ABSORB
By Variable MOL

Multiple Range Tests: LSD test with significance level .05

The difference between two means is significant if
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq .0024 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$
 with the following value(s) for RANGE: 2.95

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

			G G G G G
			r r r r r
			p p p p p
		1 2 3 4 5	
Mean	MOL		
.4736	Grp 1		
.4736	Grp 2		
.4784	Grp 3	* *	
.4822	Grp 4	* *	
.4872	Grp 5	* * * *	

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly different)

Subset 1

Group	Grp 1	Grp 2
Mean	.4736	.4736

Subset 2

Group	Grp 3	Grp 4
Mean	.4784	.4822

10 Dec 97 SPSS for MS WINDOWS Release 6.0

Subset 3

Group Grp 5

Mean .4872

10 Dec 97 SPSS for MS WINDOWS Release 6.0

----- O N E W A Y -----

Variable ABSORB
By Variable MOL

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

The difference between two means is significant if
 $MEAN(J)-MEAN(I) \geq .0024 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$
 with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4	5
RANGE	2.95	3.09	3.20	3.26

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

		G	G	G	G	G
		r	r	r	r	r
		p	p	p	p	p
		1	2	3	4	5
Mean	MOL					
.4736	Grp 1					
.4736	Grp 2					
.4784	Grp 3	*	*			
.4822	Grp 4	*	*			
.4872	Grp 5	*	*	*	*	

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly different)

Subset 1

Group	Grp 1	Grp 2
Mean	.4736	.4736

Subset 2

Group	Grp 3	Grp 4
Mean	.4784	.4822

Lampiran 6 . Data uji statistik penopengan besi dengan salisilat

----- ONEWAY -----

Variable KOMPLEKS
By Variable TEMBESI

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	.5044	.1681	355.1862	.0000
Within Groups	16	.0076	.0005		
Total	19	.5120			

----- ONEWAY -----

Variable KOMPLEKS
By Variable TEMBESI

Multiple Range Tests: LSD test with significance level .05

The difference between two means is significant if
 $MEAN(J)-MEAN(I) \geq .0154 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))$
 with the following value(s) for RANGE: 3.00

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean TEMBESI	1	2	3	4
.4736 Grp 1				
.5474 Grp 2	*			
.8178 Grp 3	**	*		
.8296 Grp 4	**	*	*	

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly different)

Subset 1

Group Grp 1

Mean .4736

Subset 2

Group Grp 2

Mean .5474

Subset 3

Group Grp 3 Grp 4

Mean .8178 .8296

----- ONEWAY -----

Variable KOMPLEKS
By Variable TEMBESI

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

The difference between two means is significant if
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq .0154 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$
with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	2.99	3.14	3.24

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G G
 r r r r
 p p p p
 1 2 3 4

Mean TEMBESI

.4736	Grp 1		
.5474	Grp 2	*	
.8178	Grp 3	*	*
.8296	Grp 4	*	*

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly different)

Subset 1

Group	Grp 1
Mean	.4736

Subset 2

Group	Grp 2
Mean	.5474

subset 3

Group	Grp 3	Grp 4
Mean	.8178	.8296

10 Dec 97 SPSS for MS WINDOWS Release 6.0

Lampiran 7 . Data uji statistik penopengan besi dengan oksalat

----- ONEWAY -----

Variable BANSI
By Variable BAGASI

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	.0003	.0001	7.0543	.0003
Within Groups	24	.0002	.0000		
Total	29	.0005			

----- ONEWAY -----

Variable BANSI
By Variable BAGASI

Multiple Range Tests: LSD test with significance level .05

The difference between two means is significant if
 $MEAN(J)-MEAN(I) \geq .0020 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$
 with the following value(s) for RANGE: 2.92

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

		G	G	G	G	G	G
		r	r	r	r	r	r
		P	P	P	P	P	P
		1	2	3	4	5	6
Mean BAGASI							
.4736	Grp 1						
.4736	Grp 2						
.4754	Grp 3						
.4772	Grp 4						
.4804	Grp 5	*	*	*			
.4816	Grp 6	*	*	*	*		

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly different)**Subset 1**

Group	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4
Mean	.4736	.4736	.4754	.4772

Subset 2

Group	Grp 4	Grp 5
Mean	.4772	.4804

Subset 3

Group	Grp 5	Grp 6
Mean	.4804	.4816

----- O N E W A Y -----

Variable BANSI
By Variable BAGASI

Multiple Range Tests: Duncan test with significance level .05

The difference between two means is significant if
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq .0020 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$
 with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4	5	6
RANGE	2.92	3.06	3.17	3.23	3.28

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G G G G
 r r r r r r
 p p p p p p
 1 2 3 4 5 6

Mean BAGASI

.4736	Grp 1				
.4736	Grp 2				
.4754	Grp 3				
.4772	Grp 4				
.4804	Grp 5	*	*	*	
.4816	Grp 6	*	*	*	*

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly different)

Subset 1

Group	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4
Mean	.4736	.4736	.4754	.4772

Subset 2

Group	Grp 4	Grp 5
Mean	.4772	.4804

Subset 3

Group	Grp 5	Grp 6
Mean	.4804	.4816

... C 28 cm

0
D
yaraku
au D

no, Sc

3
368.

00

LAPORAN PENELITIAN PENGARUH BESI PADA PENENTUAN TEMBAGA ...

HARTATI