



Aplikasi Ligan NH_3 dan Fenantrolin pada Pembentukan Kompleks Kobalt sebagai Atom Pusat: Alternatif Dekonsentrasi Kobalt dalam Air Limbah

Dyah Fauziah Aziz^{1*}, Suhartana¹, dan Sriyanti¹

¹Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang 50275

*Corresponding author: dyhfauziah@gmail.com

Received: 11 November 2021 / Accepted: 16 Desember 2021

Available online:

Abstract

Pembentukan senyawa kompleks untuk mengurangi kadar logam berat dalam air limbah telah banyak dilaporkan. Senyawa kompleks merupakan senyawa yang terbentuk dari ion logam yang berikatan dengan satu atau lebih ligan. Pada penelitian ini dilakukan penentuan pH optimum pada masing-masing senyawa kompleks. Hasil penelitian ini menunjukkan pH optimum senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) pada pH 3 dan dihasilkan padatan berwarna merah muda sebanyak 0,6 gram. Ikatan antara atom pusat Co dengan ligan 1,10-fenantrolin (Co-N) pada bilangan gelombang $316,33 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan maksimum di panjang gelombang 225 nm. Senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III) menunjukkan pH optimum pada pH 6 dan dihasilkan padatan berwarna hijau sebanyak 0,98 gram. Ikatan atom pusat Co dengan ligan NH_3 (Co-N) pada bilangan gelombang $354,90 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan pada panjang gelombang maksimum 226 nm.

Kata Kunci: senyawa kompleks, ligan NH_3 , ligan 1,10-fenantrolin, logam kobalt.

1. Pendahuluan

Kobalt adalah logam berat yang berbahaya dalam limbah cair, namun dengan karakteristiknya dapat direduksi dengan metoda adsorpsi [1], elektrokimia [2] dan membrane [3]. Kobalt adalah termasuk golongan logam transisi yang dapat membentuk kompleks dengan beberapa ligan. Oleh karena itu, cara ini sering kali digunakan sebagai metoda alternative, untuk mengurangi kadar kobalt dalam air limbah. Senyawa kompleks merupakan senyawa yang terbentuk dari ion logam yang berikatan dengan ligan secara kovalen koordinasi. Kompleks adalah kombinasi asam Lewis (atom logam pusat) dengan sejumlah basa Lewis (ligan). Atom pusat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kobalt. Ligan yang digunakan adalah 1,10-fenantrolin sebagai ligan bidentat dan ligan NH_3 sebagai ligan monodentat.

Ligan 1,10-fenantrolin dan ligan NH_3 masing-masing mempunyai atom donor elektron yaitu N. Adanya donor elektron dari ligan memungkinkan terjadinya ikatan dengan atom pusat.

Penelitian tentang senyawa kompleks Co banyak dilakukan dengan ligan 1,10-fenantrolin yang dikombinasikan dengan counter ion lain. Penelitian tentang kompleks logam Co dengan Ligan 1,10-fenantrolin dan quaterphenyl-4,2",5",4-tetracarboxylic acid (H_4qptb) bereaksi

dengan kobalt (II) membentuk kompleks $[\text{Co}(\text{phen})_4(\text{H}_2\text{qptb})](\text{H}_3\text{qptb})_2$ berwarna merah [4].

Teori Werner menginformasikan bahwa CoCl_3 direaksikan dengan NH_3 akan membentuk senyawa kompleks $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, yang berfungsi sebagai ligan adalah NH_3 sedangkan Cl berada di luar daerah koordinasi. Senyawa kompleks memiliki valensi primer dan sekunder. Valensi primer (bilangan oksidasi) dari kobalt(III) adalah 3 dan valensi sekunder (bilangan koordinasi) dari kobalt(III) adalah 6.

Faktor pembentukan senyawa kompleks salah satunya dipengaruhi oleh pH. Faktor pH akan mempengaruhi ikatan yang terbentuk antara atom pusat dan ligan yang digunakan. Dilakukan penentuan pH optimum senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin) kobalt(II) dan senyawa kompleks tetraamin diklorokobalt(III). Senyawa kompleks yang terbentuk dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR dan AAS.

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat: Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas ukur, gelas beker, kompor listrik, magnetik stirrer, botol vial, pengaduk, pipet

Doi:

tetes, corong buchner, kertas saring, kaca arloji, spektrofotometer serapan atom (AAS), spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1601, spektrofotometer FTIR merek Shimadzu 21.

Bahan: Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas ukur, gelas beker, kompor listrik, magnetik stirrer, botol vial, pengaduk, pipet tetes, corong buchner, kertas saring, kaca arloji, spektrofotometer serapan atom (AAS), spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1601, spektrofotometer FTIR merek Shimadzu 21.

2.2. Cara Kerja

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang. Tahapan yang dilalui dalam mengkaji Pengaruh Ligan NH_3 dan Fenantrolin terhadap Pembentukan Senyawa Kompleks meliputi penentuan pH optimum, pembentukan senyawa kompleks dan karakterisasi senyawa kompleks dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer serapan atom (AAS) dan FTIR.

2.2.1 Penentuan pH Optimum

2.2.1.1 Senyawa Kompleks Tris(1,10-Fenantrolin)Kobalt (II)

Larutan I yang terdiri dari CoCl_2 (0,118 g, 0,5 mmol) dilarutkan ke dalam akuades 7,5 ml kemudian dilakukan pengaturan pH dengan penambahan NH_4OH dan HCl ke dalam larutan sehingga diperoleh 5 variasi pH (1, 2, 3, 4, dan 5) disertai dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer [5]. Larutan II yang terdiri dari fenantrolin (0,3 g, 1,5 mmol) dilarutkan ke dalam 5 ml etanol. Larutan II ditambahkan sedikit demi sedikit kedalam larutan I. Campuran diaduk dan dipanaskan selama 30 menit, ditambahkan KSCN (0,2 g, 4 mmol) yang sudah dilarutkan ke dalam 5 ml akuades. Larutan kembali di aduk selama 1,5 jam kemudian didiamkan 15 menit dalam suhu ruang. Larutan didiamkan selama 18 jam dengan ditutup aluminium foil. Larutan disaring sehingga didapatkan endapan dan filtrat. Endapan dicuci dengan menggunakan akuades, dikeringkan dan dilakukan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui data absorbansi senyawa kompleks yang terbentuk.

2.2.1.2 Senyawa Kompleks Tetraamin diklorokobalt(III)

Larutan I yang terdiri dari CoCl_2 (0,714 g, 30 mmol) dilarutkan ke dalam akuades 2,5 ml kemudian dilakukan pengaturan pH dengan penambahan NH_4OH dan HCl ke dalam larutan sehingga diperoleh 5 variasi pH (4, 5, 6, 7, 8). Selanjutnya di lemari asam, tambahkan 1,2 ml NH_3 pekat 13,7 M dan ditambahkan 1,3 gr KI [6]. Larutan didiamkan selama 5 menit. Larutan

disaring sehingga didapatkan endapan dan filtrat. Endapan dicuci dengan menggunakan etanol dan dilakukan pengeringan untuk selanjutnya dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui data absorbansi senyawa kompleks yang terbentuk.

2.2.2 Pembentukan Senyawa Kompleks

2.2.2.1 Senyawa Kompleks Tris(1,10-Fenantrolin)Kobalt (II)

Larutan I yang terdiri dari CoCl_2 (0,118 g, 0,5 mmol) dilarutkan ke dalam akuades 7,5 ml kemudian dilakukan pengaturan pH pada pH 3 disertai dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer. Selanjutnya larutan II yang terdiri dari fenantrolin (0,3 g, 1,5 mmol) dilarutkan ke dalam etanol 5 ml. Larutan II ditambahkan sedikit demi sedikit kedalam larutan I. Campuran diaduk dan dipanaskan dengan magnetic stirrer hot plate selama 30 menit. Kemudian ditambahkan KSCN (0,2 g, 4 mmol) yang sudah dilarutkan ke dalam 5 ml akuades. Larutan kembali di aduk selama 1,5 jam kemudian didiamkan 15 menit dalam suhu ruang. Larutan didiamkan selama 18 jam dengan ditutup aluminium foil. Larutan disaring sehingga didapatkan endapan dan filtrat. Endapan dicuci dengan menggunakan akuades, kemudian dilakukan pengeringan. Endapan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR sedangkan filtrat dikarakterisasi dengan instrumen AAS.

2.2.2.2 Senyawa Kompleks Tetraamin diklorokobalt(III)

Larutan I yang terdiri dari CoCl_2 (0,7148 g, 30 mmol) yang telah dilarutkan ke dalam akuades 2,5 ml kemudian dilakukan pengaturan pH pada pH 6. Selanjutnya di lemari asam, tambahkan 1,2 ml NH_3 pekat 13,7 M dan ditambahkan 1,3 gr KI. Larutan didiamkan selama 5 menit. Larutan disaring sehingga didapatkan endapan dan filtrat. Endapan dicuci dengan menggunakan etanol kemudian dilakukan pengeringan. Endapan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR sedangkan filtrat dikarakterisasi dengan instrumen AAS.

2.2.3 Karakterisasi Senyawa Kompleks

Kedua senyawa kompleks yang telah dihasilkan, kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui pergeseran panjang gelombang atom pusat antara sebelum dan sesudah bereaksi dengan masing-masing ligan, instrumen FTIR yang bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam kompleks logam kobalt dengan ligan fenantrolin dan NH_3 serta instrumen AAS untuk mengetahui konsentrasi logam pada senyawa kompleks yang terbentuk.

Doi:

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Senyawa Kompleks Tris(1,10-Fenantrolin)Kobalt(II)

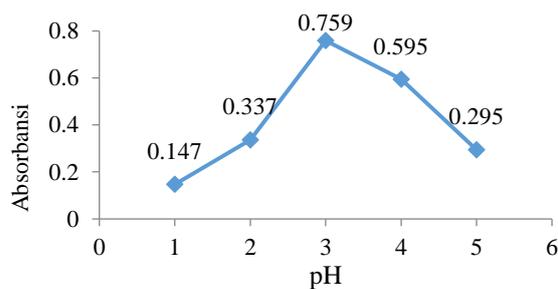
Pembentukan senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) dilakukan dengan mereaksikan atom pusat kobalt dengan ligan 1,10-fenantrolin menggunakan perbandingan 1:3 mmol [7]. Senyawa $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam akuades sedangkan fenantrolin dilarutkan dalam etanol. Digunakan variasi pH pada atom pusat dari rentang 1-5 dengan penambahan HCl dan NH_4OH untuk mengontrol pH-nya. Pemilihan rentang pH tersebut didasarkan pada pH atom pusat tanpa perlakuan yaitu CoCl_2 dilarutkan ke dalam akuades menghasilkan pH 4. Campuran diaduk dengan menggunakan magnetik stirer selama ± 30 menit pada suhu 60°C .

Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bertindak sebagai sumber ion logam pusat yaitu Co^{2+} dan fenantrolin bertindak sebagai sumber donor elektron atau ligan yang memiliki dua atom donor N. Pada penambahan ligan 1,10-fenantrolin yang telah dilarutkan dalam pelarut etanol akan terjadi pendesakan ligan H_2O pada kompleks $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ oleh ligan 1,10-fenantrolin yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna menjadi cokelat muda yang berlangsung sangat cepat.

Penambahan KSCN berupa padatan berwarna putih, bersifat higroskopis dan memiliki massa molekul 97,181 g/mol. KSCN berfungsi sebagai sumber anion. Karena kelarutannya yang baik dalam air, maka pelarut yang digunakan adalah akuades. Pengadukan pada suhu 60°C dilakukan bertujuan agar pelarut yang digunakan tidak menguap dan untuk mengoptimalkan reaksi yang terjadi antara atom pusat dengan ligan. Selanjutnya dilakukan pendinginan pada suhu kamar hingga diperoleh endapan.

Pada pembentukan endapan senyawa kompleks, bila penurunan suhu dilakukan perlahan maka laju pembentukan inti kristal lebih cepat dibandingkan laju pembentukan kristal, sehingga kristal yang dibebaskan akan berukuran kecil-kecil dan kuat. Setelah itu dilakukan penyaringan untuk memisahkan residu dengan filtratnya. Dilakukan pencucian dengan akuades yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor polar yang masih terdapat dalam endapan senyawa kompleks.

Dari hasil penelitian, didapatkan pH optimum untuk senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) pada pH 3 dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 1 Grafik pengaruh pH terhadap absorbansi pada senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II)

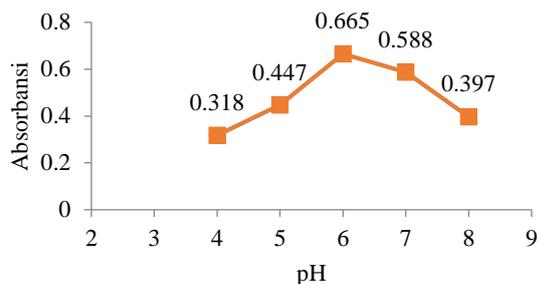
Dari **Gambar 1** tersebut dapat dilihat bahwa absorbansi maksimum pembentukan senyawa kompleks terdapat pada pH 3 dengan absorbansi 0,759. Hal ini berarti pada pH 3 konsentrasi senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) yang terbentuk paling banyak dibandingkan pH lainnya. Dengan perubahan pH larutan, konsentrasi senyawa kompleks yang terbentuk juga mengalami perubahan. Senyawa kompleks terbentuk optimum pada pH 3 ditandai dengan nilai absorbansi yang paling tinggi pada λ_{maks} 225 nm.

3.2 Senyawa Kompleks Tetraamin diklorokobalt(III)

Pembentukan senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III) dilakukan dengan mencampurkan atom pusat Co dengan ligan NH_3 . Terlebih dahulu dilakukan variasi pH pada atom pusat Co dari rentang pH 4 – pH 8. Pemilihan rentang pH tersebut didasarkan pada pH atom pusat tanpa perlakuan yaitu pH 4. Atom Co dilarutkan dalam akuades kemudian ditambahkan NH_3 pekat di lemari asam. Pada penambahan ligan NH_3 akan terjadi pendesakan ligan H_2O pada kompleks $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ oleh ligan NH_3 yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna menjadi coklat susu yang berlangsung sangat cepat dalam hitungan detik.

Dilakukan pendinginan secara bertahap pada suhu kamar sehingga didapatkan endapan berwarna hijau. Setelah itu, dilakukan pencucian menggunakan etanol yang bertujuan menghilangkan pengotor-pengotor bersifat polar yang masih terdapat pada endapan senyawa kompleks sehingga diperoleh senyawa kompleks yang lebih murni.

Dari hasil penelitian, didapatkan pH optimum untuk senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III) pada pH 6 dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Pada **Gambar 2** dapat dilihat bahwa absorbansi maksimum pembentukan senyawa kompleks terdapat pada pH 6 dengan absorbansi 0,665. Hal ini berarti pada pH 6 konsentrasi senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III) yang terbentuk paling banyak dibandingkan pH lainnya. Senyawa kompleks terbentuk optimum pada pH 6 ditandai dengan nilai absorbansi yang paling tinggi pada λ_{maks} 226 nm.

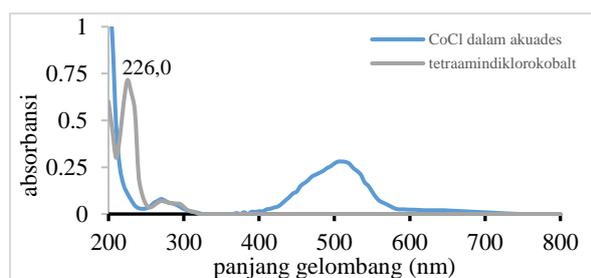


Gambar 2 Grafik pengaruh pH terhadap absorbansi pada senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III)

3.3 Karakterisasi Senyawa Kompleks

3.3.1 Spektrofotometer UV-Vis

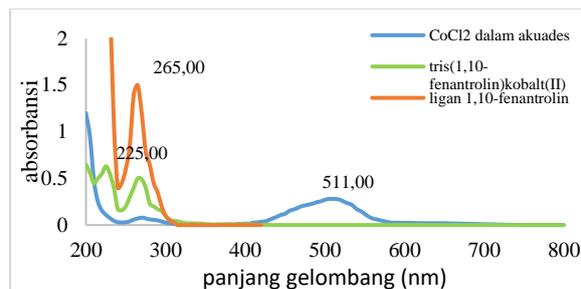
Dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi senyawa kompleks dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Tujuan dilakukannya analisis UV-Vis pada penelitian ini adalah untuk menentukan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) dari masing-masing senyawa kompleks yang terbentuk dan atom pusat.



Gambar 3 Spektra UV CoCl_2 dalam akuades dan spektra UV-Vis senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III)

Analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) dan kompleks tetraamindiklorokobalt(III) dilakukan pada rentang spektrum UV-Vis yaitu pada daerah panjang gelombang 200-800 nm. Pada senyawa CoCl_2 dalam pelarut akuades, senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II), dan senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III) muncul puncak serapan masing-masing pada panjang gelombang 511 nm, 225 nm dan 226 nm.

Pada senyawa $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam akuades muncul puncak serapan pada panjang gelombang 511 nm sedangkan pada senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III) menunjukkan adanya puncak serapan pada panjang gelombang 226 nm seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pergeseran biru (bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih kecil) dan menuju tingkat energi yang lebih tinggi.



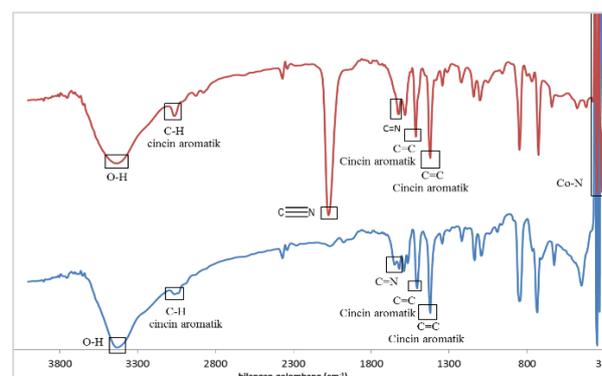
Gambar 4 Spektra CoCl_2 dalam akuades, spektra ligan fenantrolin dan spektra senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II)

Pada **Gambar 4** menunjukkan bahwa senyawa $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 511 nm, ligan bebas fenantrolin menurut Toson dkk (2013) menunjukkan serapan maksimum pada panjang gelombang 265 nm sedangkan senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) menunjukkan adanya puncak serapan pada panjang gelombang 225 nm. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pergeseran λ_{maks} antara atom pusat dengan senyawa kompleks yang terbentuk.

3.3.2 FTIR (Fourier Transform Infrared)

Analisis FTIR bertujuan untuk memperkirakan gugus fungsi yang terdapat pada senyawa kompleks dan mengetahui pergeseran gugus fungsi dari ligan awal dengan senyawa kompleks yang terbentuk. Pengukuran spektra IR dilakukan pada ligan fenantrolin, ligan NH_3 dan senyawa kompleks yang terbentuk.

Gambar 5 menunjukkan spektra ligan fenantrolin dan spektra senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II), dapat dilihat bahwa terjadi ikatan koordinasi antara atom pusat Co dan ligan fenantrolin (Co-N) pada bilangan gelombang 316 cm^{-1} . Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa vibrasi logam dengan gugus N dari ligan akan muncul pada bilangan gelombang 300-390 cm^{-1} [8].



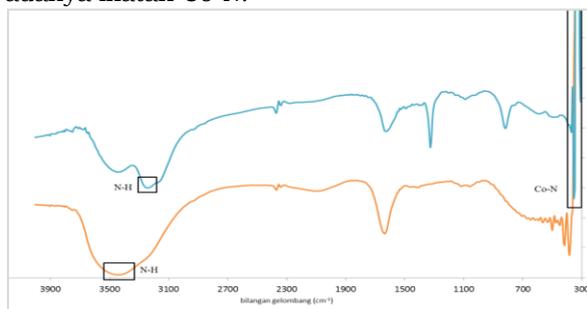
Gambar 5 (a) Spektra ligan fenantrolin dan (b) spektra senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II)

Serapan gugus fungsi C=N bergeser dari 1651,07 cm^{-1} pada ligan menjadi 1627,92 cm^{-1}

Doi:

yang terdapat pada kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II). Pergeseran serapan C=N kearah bilangan gelombang yang lebih kecil pada spektra IR kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) disebabkan melemahnya ikatan C=N karena koordinasi atom N dari gugus C=N pada atom pusat kobalt. Muncul puncak serapan pada bilangan gelombang 2075,41 cm^{-1} pada spektra senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin) kobalt(II) terdapat gugus fungsi C=N yang menunjukkan adanya tiosianat dalam senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) yang terbentuk. Stretching gugus fungsi C=N akan muncul pada daerah bilangan gelombang 2280-2000 cm^{-1} [9].

Terbentuknya ikatan antara logam Co dengan ligan fenantrolin dapat dibuktikan dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang kompleks yaitu 316,33 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan Co-N.



Gambar 6 (a) Spektra ligan NH_3 dan (b) spektra kompleks tetraamindiklorokobalt(III)

Spektra FTIR pada **Gambar 6** menunjukkan spektra ligan NH_3 dan spektra senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III), dapat dilihat bahwa terjadi ikatan antara atom pusat Co dan atom donor N pada ligan NH_3 (Co-N) pada bilangan gelombang 354,90 cm^{-1} . Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa vibrasi logam dengan gugus N dari ligan akan muncul pada bilangan gelombang 300-390 cm^{-1} [8]

Serapan gugus fungsi N-H bergeser dari 3441,01 cm^{-1} pada ligan menjadi 3240,41 cm^{-1} yang terdapat pada kompleks tetraamin diklorokobalt(III). Pergeseran serapan N-H kearah bilangan gelombang yang lebih kecil pada spektra IR kompleks disebabkan melemahnya ikatan N-H karena koordinasi atom N dari gugus N-H pada atom pusat kobalt.

3.3.3 Spektroskopi Serapan Atom

Senyawa kompleks diuji dengan menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). Tujuan dari analisis atau pengukuran AAS yaitu untuk mengetahui konsentrasi logam pada senyawa kompleks yang terbentuk untuk mengetahui banyaknya logam yang terikat dengan ligan.

Analisis AAS dilakukan pada filtrat hasil sintesis senyawa kompleks untuk mengetahui konsentrasi logam Co sisa sehingga dapat diketahui banyaknya atom pusat Co yang berikatan dengan ligan fenantrolin dan ligan NH_3 . Konsentrasi logam Co yang terikat dengan ligan

fenantrolin diperoleh dengan cara konsentrasi logam Co awal dikurangi konsentrasi logam Co sisa (konsentrasi logam Co hasil pengukuran AAS). Penurunan konsentrasi yang terjadi menandakan atom pusat kobalt sudah berikatan dengan ligan pada senyawa kompleks. Konsentrasi logam Co yang terukur ditunjukkan oleh **Tabel 1**.

Tabel 1 Konsentrasi logam kobalt pada masing-masing senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin) kobalt(II) dan tetraamin diklorokobalt(III)

No	Nama Senyawa	Konsentrasi (ppm)		
		Awal	Sisa	Terikat
1	Tris(1,10-fenantrolin) kobalt(II)	6.742,8	2,9	6.739,9
2	Tetraamin diklorokobalt (III)	192,9	191,65	192,78
		73		1,35

Kesimpulan

Pembentukan senyawa kompleks tris(1,10-fenantrolin)kobalt(II) menunjukkan serapan maksimum pada panjang gelombang 225 nm dan gugus N dari fenantrolin terkoordinasi pada atom pusat kobalt pada bilangan gelombang 316,33 cm^{-1} . Sedangkan sintesis senyawa kompleks tetraamindiklorokobalt(III) menunjukkan serapan maksimum pada panjang gelombang 226 nm dan gugus N pada NH_3 terkoordinasi pada atom pusat dengan bilangan gelombang 354,90 cm^{-1} . Ligan amoniak (monodentat menghasilkan padatan kompleks dengan berat sebesar 0,98 gram sedangkan ligan bidentat (1,10-fenantrolin) menghasilkan padatan kompleks dengan berat sebesar 0,6 gram. Ligan ammonia lebih efektif dari ligan fenantrolin jika digunakan untuk mengurangi kadar kobalt dalam larutan.

Daftar Pustaka

- [1] Anisyah, Anisyah, Arnelli Arnelli, Yayuk Astuti, Pembuatan karbon aktif termodifikasi surfaktan sodium lauryl sulphate (smac-sls) dari tempurung kelapa menggunakan aktivator ZnCl_2 dan gelombang mikro sebagai adsorben kation Pb (II), *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 1, 1, (2021), 1-6
<https://doi.org/10.14710/gjec.2021.10733>
- [2] Nurdiantika, Nabila, Linda Suyati, Gunawan Gunawan, Metode Elektrokoagulasi Sistem Fe (S) | Cd (II)(aq), NaCl (aq) | H₂O (l) | C untuk Pengambilan Kadmium (II), *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 1, 1, (2021), 7-12
<https://doi.org/10.14710/gjec.2021.10751>
- [3] Djunaidi, Muhammad Cholid, Danang Subarkah Hadikawuryan, Didik Setiyo Widodo, Nesti Dewi Maharani, Pemisahan Logam Perak Dalam Limbah Cair Menggunakan Membran Cair Emulsi (ELM) Dengan Senyawa Pembawa Sinergi D2EHFA,

Doi:

- Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 1, 1, (2021), 25-30
<https://doi.org/10.14710/giec.2021.10899>
- [4] Wang, Chong-Chen, Huan-Ping Jing, Yan-Qiu Zhang, Peng Wang, Shi-Jie Gao, Three coordination compounds of cobalt with organic carboxylic acids and 1, 10-phenanthroline as ligands: syntheses, structures and photocatalytic properties, *Transition Metal Chemistry*, 40, (2015), 573-584
<https://doi.org/10.1007/s11243-015-9950-1>
- [5] Li, L-M, Y-F Li, Li Liu, Z-H Zhang, Tris (1, 10-phenanthroline) cobalt (II) bis (trichloroacetate), *Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online*, 67, 7, (2011), m973-m973
<https://doi.org/10.1107/S160053681102410X>
- [6] Tershansy, Meredith A, Andrea M Goforth, Mark D Smith, LeRoy Peterson Jr, H-C zur Loye, Tris (1, 10-phenanthroline) cobalt (II) triiodide, *Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online*, 61, 9, (2005), m1680-m1681
<https://doi.org/10.1107/S1600536805023883>
- [7] Tosonian, Shawnt, Charles J Ruiz, Andrew Rios, Elma Frias, Jack F Eichler, Synthesis, characterization, and stability of iron (III) complex ions possessing phenanthroline-based ligands, *Open journal of inorganic chemistry*, 3, 1, (2013), 7
<https://doi.org/10.4236/ojic.2013.31002>
- [8] El-Bahy, GMS, BA El-Sayed, AA Shabana, Vibrational and electronic studies on some metal thiourea complexes, *Vibrational spectroscopy*, 31, 1, (2003), 101-107
[https://doi.org/10.1016/S0924-2031\(02\)00099-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2031(02)00099-1)
- [9] Silverstein, Robert M, Infrared spectrometry, *Spectrometric identification of organic compounds*, (1974), *Infrared spectrometry. Spectrometric identification of organic compounds*, 7, 72-108.