

Studi Kompleks Asosiasi Pb(II) Menggunakan KI dan Methylene Blue

Fadilla Yuri Merti¹, Edi Nasra*², Desy Kurniawati³

^{1,2,3} Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia

*edinasra@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Research has been carried out on the study of the Pb(II) association complex using KI and *methylene blue*. This study aims to find the optimum conditions for the Pb(II) association complex such as optimum time, Iodidae concentration, pH, and *methylene blue* concentration. The measurement methods used are UV-Vis spectrophotometry and AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Pb(II) is reacted with excess Iodidae to form an anion complex (PbI_4^{2-}). The anion complex formed is then reacted with a *methylene blue* (MB^+) cation complex to form an association complex $[MB]_2[PbI_4]$. From the results of the study, it was found that the optimum conditions for the formation of anion complexes (PbI_4^{2-}) at 2 hours, a concentration of 0.4 M with an absorbance of 0.1069 A at anion wavelength of 266 nm. While the optimum conditions for the association complex $[MB]_2[PbI_4]$ occurred at a wavelength of 665 nm with an absorbance of 0.6119 A, pH 3 with an absorbance of 0.9675 A and a concentration of 0.0012 % *methylene blue* with an absorbance of 0.1266 A. The association complex The resulting product was contacted with $Pb(NO_3)_2$ at a concentration of 0.01 ppm and was successfully concentrated by obtaining a concentration of 0.6387 ppm and an absorbance value of 0.0092 A. So that a concentration factor of 63.87 times was obtained.

Keywords — Lead(II) ion, Association complex, Methylene blue.

I. PENGANTAR

Perkembangan industri yang sangat pesat di Indonesia selain menunjang perekonomian dan meningkatkan taraf hidup bagi bangsa Indonesia, juga memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan. Hal ini disebabkan sistem pengolahan limbah industri yang tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan dengan membuang langsung limbah ke lingkungan dalam keadaan yang berbahaya, sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan yang berdampak pada kesehatan makhluk hidup [1]. Salah satu sumber limbah pencemar yang berbahaya yang dapat menyebabkan rusaknya tatanan lingkungan hidup adalah dari logam berat [2].

Logam berat merupakan zat beracun yang dapat menyebabkan kerusakan pada makhluk hidup. Beberapa jenis industri yang dapat menyebabkan sumber pencemaran logam berat sebagian besar berasal dari industri peleburan logam, industri pertambangan, lahan pertanian yang menggunakan pupuk terkandung logam didalamnya, serta limbah domestik yang menggunakan logam dan industri lainnya [3]. Salah satu contoh logam berat yang berbahaya banyak ditemukan di dalam air limbah industri adalah logam timbal (Pb).

Ion timbal (Pb^{2+}) merupakan logam yang mempunyai titik lebur yang rendah serta mempunyai sifat kimia yang aktif [4]. Sifat ini mampu membuat ion timbal bersenyawa dengan banyak senyawa kimia lainnya. Selain itu sifat ion timbal mempunyai titik lebur yang rendah yang dapat membuat ion timbal menguap dengan mudah. Oleh karena itu, keberadaan

ion timbal tidak hanya ditanah, tetapi juga bisa berada di udara dan di dalam air [5].

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 tentang ambang batas ion timbal (Pb^{2+}) untuk perairan adalah 0,05 mg/L. Ion timbal (Pb^{2+}) sangat berbahaya bagi manusia apabila melampaui ambang batas yang telah ditetapkan. Bahaya yang dapat dihasilkan dari ion timbal dapat menimbulkan beberapa penyakit bahkan kematian [6]. Contohnya dapat menyebabkan Gangguan pada sistem saraf, dapat menyebabkan kanker, dapat merusak organ ginjal [7]. Paparan logam timbal tingkat tinggi didalam tubuh pada orang dewasa menimbulkan efek yang dapat mengganggu reproduksi seperti penurunan kualitas sperma dan keguguran saat kehamilan [8]. Beberapa kasus yang berakhir dengan 3 kematian salah satunya yang terjadi di Negeria yaitu kasus keracunan ion timbal dari industri pertambangan emas sudah membunuh 400 – 500 anak [5].

Diperlukannya suatu metode kimia yang dapat mengidentifikasi timbal dalam jumlah yang sangat kecil karena sifat timbal yang berbahaya tersebut. Beberapa metode yang sering digunakan untuk mengidentifikasi timbal yaitu presipitasi kimia, pertukaran ion, elektrodialisis, redoks dan metode adsorpsi. Metode adsorpsi umumnya bersifat reversible sehingga adsorbent dapat diperoleh kembali [9]. Tetapi, pada beberapa metode tersebut prosesnya memerlukan biaya yang cukup besar dan untuk konsentrasi ion logam rendah tidak efektif. Salah satu metode prakonsentrasi yang dapat digunakan untuk penentuan kadar logam yang sangat

kecil yaitu ekstraksi fasa padat, pada umumnya adsorbennya berasal dari bahan yang memiliki sisi aktif pada permukaan sentuh yang besar [10].

Penelitian ini menggunakan teknik kompleks asosiasi, dimana penentuannya menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Analisis yang dilakukan menggunakan metode tersebut membutuhkan senyawa yang berwarna, sehingga Pb^{2+} dalam larutan terlebih dahulu dibentuk menjadi senyawa berwarna. Senyawa timbal berwarna yang terbentuk merupakan jenis kompleks asosiasi. Pb^{2+} dalam larutan dikomplekskan dengan I^- yang akan membentuk ion kompleks tetraiodoplumbate(II) $[PbI_4]^{2-}$. $[PbI_4]^{2-}$ direaksikan dengan methylene blue $[MB]^{2+}$ yang bermuatan positif untuk membentuk kompleks asosiasi, bertujuan untuk penyerapan ion logam timbal (Pb^{2+}).

Bedasarkan uraian diatas penulis tertarik melaksanakan penelitian "**Studi Kompleks Asosiasi Pb(II) Menggunakan KI dan Methylene Blue**". Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mendapatkan kondisi optimum dari kompleks asosiasi Pb(II) menggunakan KI dan methylene blue dengan kombinasi variasi waktu, konsentrasi iodin, pH dan konsentrasi methylene blue

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain : Spektrofotometri UV-Vis, AAS, pH meter, neraca analitik, gelas kimia, labu takar, corong pisah, erlenmeyer, batang pengaduk, pipet ukur, pipet volume, pipit tetes, dan lain sebagainya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan $Pb(NO_3)_2$ 10 ppm; Kalium Iodida 0,5 M; Methylene Blue 0,01%; NaOH 0,1 M; HNO_3 0,1 M; n-heksana dan Aquabidest.

B. Prosedur Kerja

1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Anion $[PbI_4]^{2-}$

Sebanyak 2,5 mL dari larutan $Pb(NO_3)_2$ 10 ppm dicampurkan dengan 15 mL larutan KI 0,5 M dalam labu ukur 25 mL dan diencerkan dengan aquabidest sampai tanda batas dengan memvariasikan waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Kemudian, kompleks yang terbentuk diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm.

2. Penentuan Konsentrasi Optimum Iodida Terhadap Pembentukan Kompleks Anion $[PbI_4]^{2-}$

Sebanyak 2,5 mL dari larutan $Pb(NO_3)_2$ 10 ppm dicampurkan dengan larutan KI 0,5 M masing-masing 5 mL ; 7,5 mL ; 10 mL ; 12,5 mL ; 15 mL ; 17,5 mL dan 20 mL menggunakan labu ukur 25 mL dan diencerkan dengan aquabidest sampai tanda batas. Kemudian, kompleks yang terbentuk diukur pada panjang gelombang kompleks anion.

3. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

Kompleks anion diatur pH nya sampai 5 dan ditambahkan 0,25 mL methylene blue 0,1% menggunakan labu ukur 25 mL dan larutan diencerkan

dengan aquabidest sampai tanda batas. Kompleks asosiasi yang terbentuk diukur serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang 400-800 nm.

4. Penentuan pH Optimum Terhadap Pembentukan Kompleks Asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

Zat warna methylene blue diatur pH nya dalam rentang 2-8 dengan menambahkan larutan HNO_3 atau NaOH 0,1 M. Lalu, diambil sebanyak 0,25 mL methylene blue 0,1% menggunakan labu ukur 25 mL. Kemudian, ditambahkan larutan kompleks anion dan larutan diencerkan dengan aquabidest sampai tanda batas dan terbentuk kompleks asosiasi. Larutan kompleks asosiasi diekstraksi menggunakan pelarut n-heksana dengan perbandingan 2 : 1 menggunakan corong pisah. Kemudian hasil ekstraksi diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum kompleks asosiasi.

5. Penentuan Konsentrasi Optimum Methylene Blue Pada Pembentukan Kompleks Asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

Zat warna methylene blue diatur pH nya pada pH optimum dan menambahkan larutan methylene blue 0,1% masing-masing 0,1 mL; 0,2 mL; 0,3 mL; 0,4 mL dan 0,5 mL menggunakan labu ukur 25 mL. Kemudian, ditambahkan larutan kompleks anion dan diencerkan dengan aquabidest sampai tanda batas dan terbentuk kompleks asosiasi. Kemudian diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum kompleks asosiasi.

6. Pengujian Sampel Logam Timbal Terhadap Metode Kompleks Asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

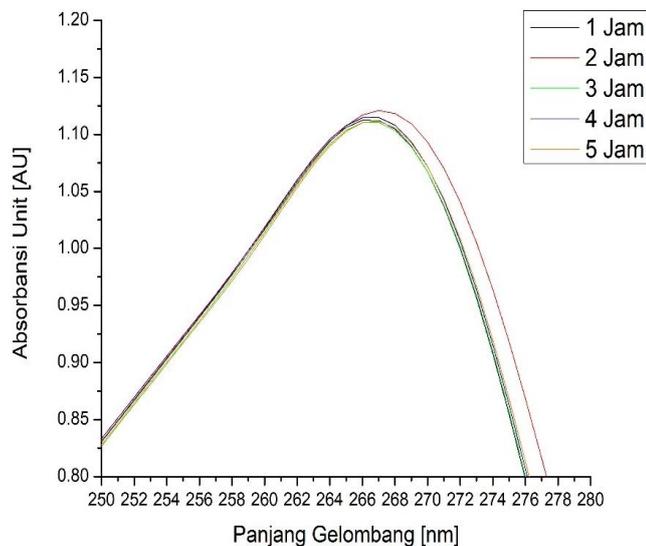
Menyiapkan larutan $Pb(NO_3)_2$ 0,01 ppm kemudian dipipet sebanyak 2,5 mL dan ditambahkan KI dengan kondisi optimum yaitu 0,4 M sebanyak 20 mL, kemudian didiamkan selama 2 jam. Setelah itu, dimasukkan zat warna methylene blue dengan kondisi optimum pada konsentrasi 0,0012% sebanyak 0,3 mL kemudian diencerkan dengan aquabidest hingga tanda batas sampai 25 mL lalu terbentuklah larutan kompleks asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$ pada kondisi optimum. Kemudian sampel diuji menggunakan instrumen AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) pada panjang gelombang maksimum ion timbal.

III. PEMBAHASAN

A. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Anion $[PbI_4]^{2-}$

Panjang gelombang maksimum adalah nilai panjang gelombang dari suatu senyawa yang mempunyai absorbansi tertinggi. Penentuan panjang gelombang maksimum digunakan untuk mencari absorbansi tertinggi pada panjang gelombang tertentu dengan sinar tampak pada rentang 200-800 nm [11]. Dengan tujuan agar memiliki kepekaan maksimal dan apabila terjadi penyimpangan yang kecil dapat mengurangi kesalahan pada saat pengukuran.

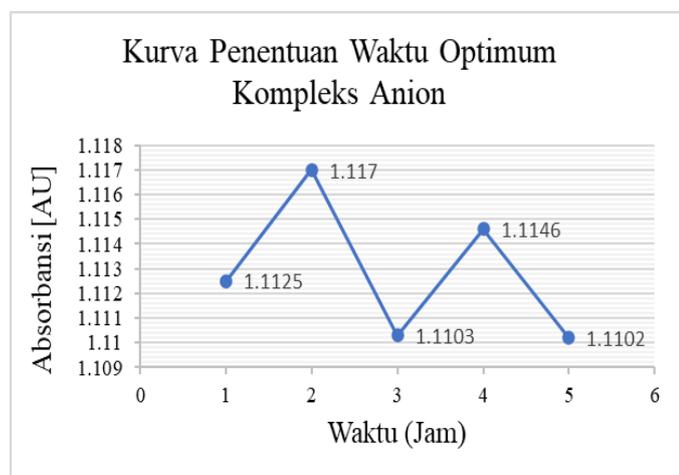
Panjang gelombang maksimum kompleks anion PbI_4^{2-} dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Anion [PbI₄]²⁻

Berdasarkan data kurva pada Gambar 1. terlihat bahwa kompleks anion PbI₄²⁻ mendapatkan serapan maksimum pada panjang gelombang 266 nm.

Grafik penentuan waktu optimum kompleks anion dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah ini :

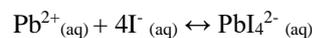


Gambar 2. Penentuan Waktu Optimum Kompleks Anion

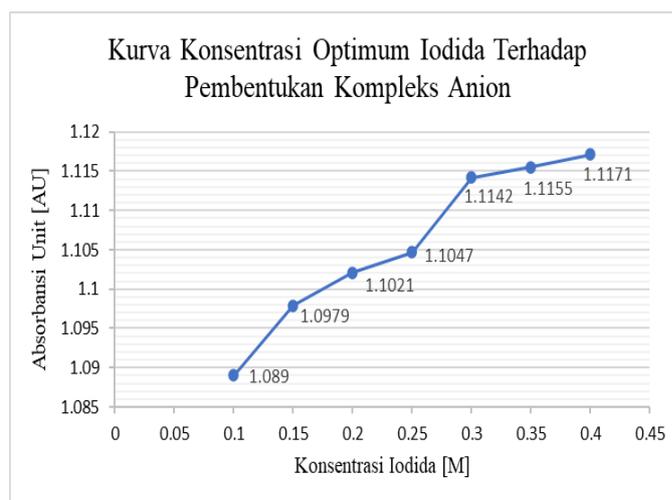
Untuk menentukan waktu optimum kompleks anion menggunakan variasi waktu yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam sehingga dihasilkan nilai absorbansi yang berbeda-beda. Berdasarkan Gambar 2. terlihat bahwa waktu optimum kompleks anion yaitu berada pada waktu 2 jam dengan nilai absorbansi unit 1,1170. Sehingga, panjang gelombang dan waktu optimum tersebut akan digunakan untuk tahap selanjutnya yaitu untuk penentuan konsentrasi optimum Iodida terhadap pembentukan kompleks anion PbI₄²⁻.

B. Penentuan Konsentrasi Optimum Iodida Terhadap Pembentukan Kompleks Anion [PbI₄]²⁻

Penentuan konsentrasi optimum iodida bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum dari konsentrasi iodida yang digunakan untuk pembentukan kompleks assosiasi, sehingga memiliki kemampuan optimum dalam proses pembentukan kompleks assosiasi. Ion timbal (Pb²⁺) dalam larutan akan membentuk kompleks anion tetraiodoplumbate (II) jika direaksikan dengan larutan KI berlebih dengan persamaan reaksi berikut:



Kurva konsentrasi optimum iodida terhadap pembentukan kompleks anion PbI₄²⁻ dapat dilihat pada Gambar 3. dibawah ini :



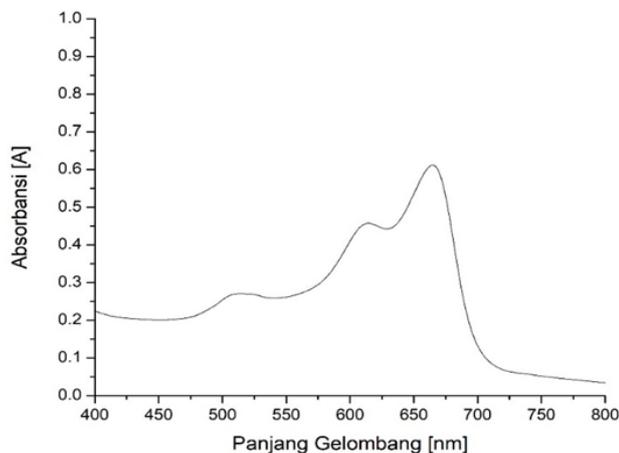
Gambar 3. Konsentrasi Optimum Iodida Terhadap Pembentukan Kompleks Anion [PbI₄]²⁻

Berdasarkan data grafik pada Gambar 3. terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi KI maka semakin tinggi absorbansinya. Kompleks anion terbentuk apabila larutan KI dibuat berlebih konsentrasinya dari larutan Pb(NO₃)₂ dengan perbandingan minimum 4:1. Jadi apabila konsentrasi KI dibuat lebih dari 4:1 maka sudah pasti terbentuk senyawa kompleks anion secara sempurna. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa konsentrasi optimum iodida yang didapatkan yaitu pada volume 20 mL dengan konsentrasi tertinggi 0,4 M dengan nilai absorbansi 1,1177. Konsentrasi optimum iodida yang diperoleh akan digunakan untuk proses selanjutnya pada pembentukan kompleks assosiasi ion timbal(II).

C. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Assosiasi [MB]₂[PbI₄]

Panjang gelombang maksimum kompleks assosiasi sangat diperlukan untuk tahap selanjutnya yaitu mencari pH optimum dan konsentrasi optimum methylene blue terhadap pembentukan kompleks assosiasi [MB]₂[PbI₄]. Panjang gelombang maksimum kompleks anion tidak dapat digunakan untuk mencari pH optimum dan konsentrasi optimum methylene blue dikarenakan kompleks anion dan kompleks assosiasi menghasilkan warna larutan yang berbeda. Kompleks anion PbI₄²⁻ yang dihasilkan direaksikan dengan

methylene blue membentuk kompleks assosiasi yang diukur pada rentang 400-800 nm. Dari hasil penelitian diperoleh grafik panjang gelombang maksimum kompleks assosiasi $[MB]_2[PbI_4]$ seperti pada Gambar 4.

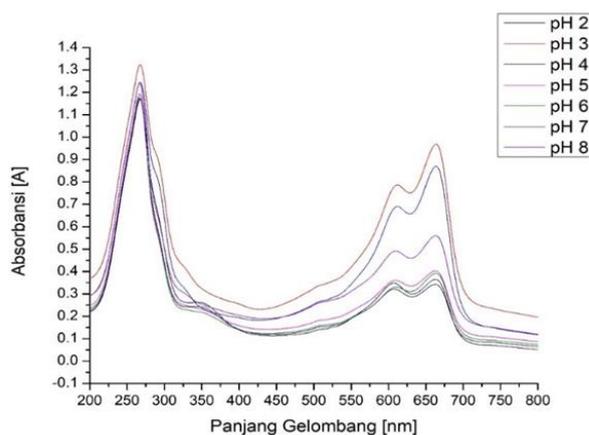


Gambar 4. Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Assosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

Berdasarkan Gambar 4. terlihat bahwa kompleks assosiasi $[MB]_2[PbI_4]$ mendapatkan serapan pada panjang gelombang 665 nm dengan nilai absorbansi 0,6119. Kompleks anion PbI_4^{2-} menghasilkan warna kuning pudar, saat diassosiasikan dengan methylene blue terbentuk kompleks assosiasi berwarna biru. Pengomplek yang digunakan yaitu zat warna methylene blue dengan serapan optimum pada panjang gelombang 664 nm. Panjang gelombang maksimum yang diperoleh sesuai dengan teori bahwa warna biru-hijau terdeteksi pada panjang gelombang 610-750 nm.

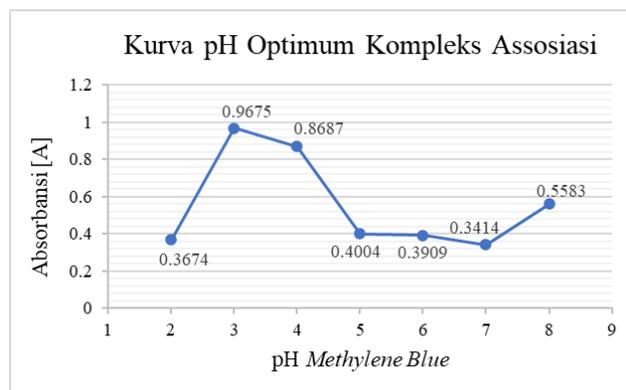
D. Penentuan pH Optimum Terhadap Pembentukan Kompleks Assosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

pH dapat mempengaruhi kesetimbangan yang terjadi di dalam larutan. Pembentukan kompleks ataupun ekstraksi yang dilakukan dapat dipengaruhi oleh pH larutan. Oleh sebab itu, perlu diketahui pengaruh pH dalam pembentukan kompleks assosiasi ion, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi optimum dalam pengukuran. Kondisi kompleks dalam ekstraksi dapat dipengaruhi oleh pH, dimana pada kondisi pH tertentu kompleks ataupun zat warna kationiknya akan mengalami perubahan, ini disebabkan oleh suasana basa atau asam yang akan mengalami protonasi dan kompleks yang terbentuk akan mengalami disosiasi [12].



Gambar 5. Panjang Gelombang Optimum Pembentukan Kompleks Assosiasi $[MB]_2[PbI_4]$ pada Berbagai pH

Berdasarkan Gambar 5. terlihat bahwa untuk menentukan kondisi pH optimum terhadap pembentukan kompleks assosiasi dilakukan dengan cara mengatur pH dari larutan zat warna methylene blue. Pengaturan pH dilakukan dengan cara menambahkan HNO_3 atau $NaOH$ sehingga diperoleh pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. Variasi pH optimum ditentukan untuk mengetahui kemampuan daya adsorpsi kompleks anion terhadap senyawa methylene blue [13].



Gambar 6. pH Optimum Pembentukan Kompleks Assosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

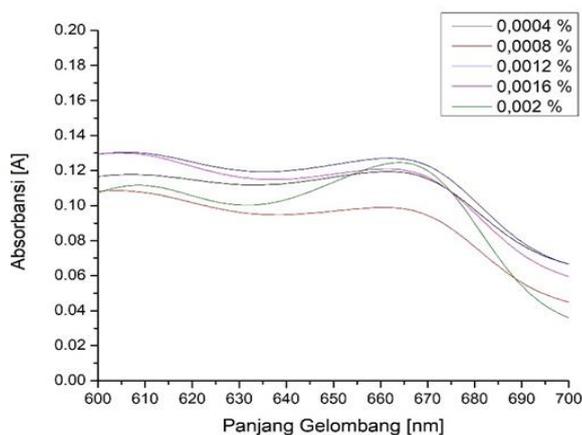
Dari hasil penelitian diketahui bahwa seiring dengan kenaikan pH, konsentrasi dari zat warna methylene blue yang terserap berkurang. Mulai dari pH 2 konsentrasi methylene blue yang terserap meningkat hingga pada pH 3, namun setelah pH 3 konsentrasi methylene blue yang teradsorpsi terus menurun hingga pada pH 7. Penyerapan tertinggi berlangsung pada saat pH 3. Hal ini menunjukkan keterkaitan antara nilai pH dengan senyawa yang diadsorpsi yaitu methylene blue. Hal ini dapat dikarenakan pada pH yang lebih tinggi methylene blue membentuk garam yang mengionisasi gugus pergi bermuatan negatif dari methylene blue yaitu Cl^- [14]. Sedangkan pada pH 8 mengalami kenaikan, ini terjadi jika terlalu basa menyebabkan terbentuk oksida yang mengendap sehingga tidak terukur oleh detektor UV-Vis dan jika pH terlalu asam kompleks assosiasi akan terhidrolisis [15].

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa pada panjang gelombang 665 nm didapatkan pH optimum yaitu pada pH 3 dengan nilai absorbansi 0.9675. Pada pH 3 ini terbentuk kompleks stabil antara PbI_4^{2-} dengan MB^+ . Nilai pH optimum tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan hasil analisa yang peka dan teliti.

E. Penentuan Konsentrasi Optimum Methylene Blue Pada Pembentukan Kompleks Asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

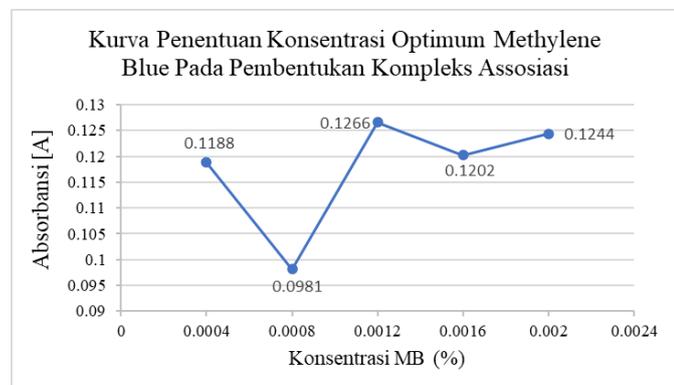
Kurva kalibrasi merupakan kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi larutan standar. Kurva kalibrasi methylene blue dibuat dengan mengukur nilai absorbansi larutan standar methylene blue [16]. Penentuan konsentrasi optimum methylene blue bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap pembentukan kompleks asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$.

Grafik konsentrasi optimum methylene blue terhadap pembentukan kompleks asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$ dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Panjang Gelombang Methylene Blue Pada Pembentukan Kompleks Asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

Berdasarkan Gambar 7, terlihat pengaruh konsentrasi methylene blue terhadap pembentukan kompleks asosiasi dilakukan pada rentang konsentrasi larutan standar methylene blue yaitu 0,0004 %; 0,0008 %; 0,0012 %; 0,0016 % dan 0,002 % pada panjang gelombang 665 nm.



Gambar 8. Konsentrasi Optimum Methylene Blue Pada Pembentukan Kompleks Asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$

Dari hasil pengamatan diperoleh data seperti yang terlihat pada Gambar 8, bahwa konsentrasi optimum methylene blue yaitu pada konsentrasi 0,0012 % dengan nilai absorbansi 0,1266.

F. Pengujian Sampel Logam Timbal Pb^{2+} Terhadap Metode Kompleks Asosiasi

Metode kompleks asosiasi bertujuan untuk membentuk senyawa kompleks asosiasi, sehingga sifat hidrofobiknya meningkat dan adsorptivitas molarnya besar sehingga mudah untuk penyerapan ion logam. Setelah kondisi optimum kompleks asosiasi ion timbal(II) didapatkan, penelitian dilanjutkan yaitu membandingkan metode kompleks asosiasi ion timbal(II) dengan tidak menggunakan metode kompleks asosiasi untuk mengetahui seberapa besar faktor pemekatan yang terjadi untuk penyerapan ion timbal.

Untuk mengetahui besarnya faktor pemekatan penyerapan ion logam timbal, maka dibuat larutan kompleks asosiasi dengan kondisi optimum. Kemudian, membuat kurva standar logam timbal dengan konsentrasi larutan yaitu 2 ppm, 4 ppm dan 6 ppm. Kemudian larutan sampel diuji menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer).

Hasil pengujian sampel logam timbal menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1
PENGUJIAN SAMPEL LOGAM TIMBAL MENGGUNAKAN AAS

No	Action	Sample ID	True Value (ppm)	Conc. (ppm)	Absorbansi	Actual Conc.
1	STD		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	STD		2.0000	1.9942	0.0322	0.0238
3	STD		4.0000	3.9940	0.0633	0.0492
4	STD		6.0000	6.0226	0.0927	0.0756
5	UNK1	Kompleks Asosiasi		0.6387	0.0092	0.6387

Konsentrasi larutan timbal sebelum diaplikasikan dengan sampel yaitu sebesar 0,01 ppm. Pada Tabel 1. Terlihat bahwa faktor pemekatan larutan kompleks asosiasi ion timbal (II) memperoleh konsentrasi sebesar 0,6387 ppm dan nilai absorbansi 0,0092.

$$\text{Faktor pemekatan} = \frac{0,6387 \text{ ppm}}{0,01 \text{ ppm}} = 63,87 \text{ kali}$$

Hal ini membuktikan bahwa metode kompleks asosiasi berhasil melakukan pemekatan sebesar 63,87 kali. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dari nilai absorbansi 0,0092 metode ini dapat digunakan untuk menyerap ion logam timbal dan zat warna methylene blue dengan baik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai studi kompleks asosiasi Pb(II) menggunakan KI dan methylene blue dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi optimum kompleks asosiasi Pb(II) menggunakan KI dan methylene blue terjadi pada waktu 2 jam, konsentrasi iodida 0,4 M dengan pH 3 dan konsentrasi methylene blue 0,0012 %.

2. Pelarut n-heksana tidak dapat digunakan sebagai pelarut organik untuk mengekstrak larutan kompleks asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$.
3. Metode kompleks asosiasi $[MB]_2[PbI_4]$ berhasil melakukan pemekatan dengan memperoleh konsentrasi 0,6387 ppm dan nilai absorpsi 0,0092. Sehingga didapatkan faktor pemekatan sebesar 63,87 kali.

REFERENSI

- [1] S. Kristianingrum, "Modifikasi Metode Analisis Spesiasi Merkuri Dalam Lingkungan Perairan," *J. Pendidik.*, pp. 72–75, 2007.
- [2] D. K. G. Putu, D. N., & Putra, "Penentuan Kandungan Logam Pb dan Cr pada Air dan Sedimen di Sungai Ao Desa Sam Sam Kabupaten Tabanan," vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2006.
- [3] P. Lestari and Y. Trihadiningrum, "The impact of improper solid waste management to plastic pollution in Indonesian coast and marine environment," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 149, no. April, p. 110505, 2019.
- [4] H. Adhani, R., & Husaini, *Buku Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press, 2017.
- [5] F. Ikhsan, H. Herayati, S. Abdullah, and Y. Rukmayadi, "Eksplorasi bakteri penyerap logam Pb dari air Sungai Ciujung," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 2, p. 261, 2020.
- [6] D. Suciandica, Mutiara., Dewata, Indang., Bahrizal., Kurniawati, "Penyerapan Ion Logam Zn (II) dengan Biji Buah Lengkek (Euphoria Longan Lour) sebagai Biosorben," *Residu*, vol. 3, no. 13, pp. 100–108, 2019.
- [7] Endrinaldi, "Logam-logam Berat Pencemar Lingkungan dan Efek Terhadap Manusia," *Stud. Lit.*, vol. 4 No. 1, pp. 42–46, 2010.
- [8] P. B. Tchounwou, C. G. Yedjou, A. K. Patlolla, and D. J. Sutton, *Molecular, clinical and environmental toxicology Volume 3: Environmental Toxicology*, vol. 101. 2012.
- [9] F. Fu and Q. Wang, "Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review," *J. Environ. Manage.*, vol. 92, no. 3, pp. 407–418, 2011.
- [10] B. Khairiyah, Faizah., Etika, Sri Benti., Nasra, Edi. "Pengaruh Ion Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , dan Cr^{3+} Terhadap Penyerapan Logam Pb^{2+} Menggunakan C-Sinamal Kaliks [4] Resorsinarena (CSKR) Yang Disintesis Dari Minyak Kayu Manis (Cinnamomum Burmanii)," vol. XIII, no. 4, pp. 41–49, 2019.
- [11] M. N. Khamid, D. Christy, and D. Christy, "Analisis Rhodamin B Pada Lipstik Yang Beredar Di Pasar Boyolali Dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan Spektrofotometri Visibel," vol. 11, pp. 39–47, 2011.
- [12] A. Wasil and D. C. Dewi, "Penentuan Surfaktan Anionik Menggunakan Elstraksi Sinergis Campuran Ion Asosiasi Malasit Hijau Dan Metilen Biru Secara Spektrofotometri Tampak," *Alchemy*, 2012.
- [13] T. Huda and T. K. Yulitaningtyas, "Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang," *IJCA (Indonesian J. Chem. Anal.*, vol. 1, no. 01, pp. 9–19, 2018.
- [14] A. Riapanitra and T. K. R. Setyaningtyas, "Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi. Jurusan Kimia, Program Sarjana MIPA Unsoed Purwokerto," pp. 41–44, 2004.
- [15] E. Nasra and M. B. Amran, "Solid Phase Extraction Pada Penentuan Hg (II) Menggunakan C-18 Berbasis Flow Injection Analysis (Fia)," *Molluca J. Chem. Educ.* ..., vol. 2, no. 1, pp. 27–32, 2012.
- [16] D. W. Dwiasi, T. Setyaningtyas, and K. Riyani, "Penurunan Kadar Metilen Biru Dalam Limbah Batik Sokaraja Decrease Level of Methylene Blue In Sokaraja Liquid Waste Using $Fe_2O_3-H_2O_2$ -UV System," *J. Rekayasa Kim. dan Lingkung.*, vol. 13, no. 1, pp. 78–86, 2018.