

PERANAN pH PADA KINETIKA PEMBENTUKAN SENYAWA KOMPLEKS KROMIUM-ETILEN DIAMIN TETRA ASETAT (Cr-EDTA)

Endangiz

Laboratorium Fotokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas

INTISARI

Kinetika pembentukan kompleks Cr-EDTA pada pH 3,8; 4,4 dan 5,8 telah dipelajari berdasarkan pengamatan konsentrasi kompleks tersebut yang terbentuk dengan menggunakan metoda spektrofotometri pada panjang gelombang maksimum 545 nm.

Reaksi pembentukan kompleks ini adalah reaksi orde pertama terhadap $[Cr(H_2O)_6^{3+}]$, nol terhadap $[H_2Y^{2-}]$ dan negatif pertama terhadap $[H^+]$. Energi aktivasi pada pH 3,8 dan 4,4 adalah 34,12 kkal.mol⁻¹.K⁻¹ dan 28,97 kkal.mol⁻¹.K⁻¹.

ABSTRACT

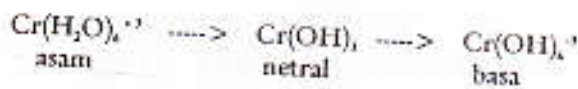
Kinetics of the formation of Cr-EDTA complex at pH 3.8; 4.4 and 5.8 has been studied by observing the concentration of that complex by spectrophotometry methods at panjang gelombang maksimum 545 nm.

The formation of this complex was first order with respect to $[Cr(H_2O)_6^{3+}]$, nol order to $[H_2Y^{2-}]$ and negatif first order to $[H^+]$. The activation energi at pH 3.8 and 4.4 were 34.12 kcal.mol⁻¹.K⁻¹ and 28.97 kcal.mol⁻¹.K⁻¹ respectively.

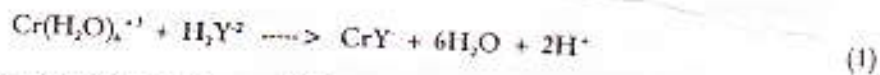
PENDAHULUAN

Garam krom umumnya bila dilarutkan dalam air akan membentuk senyawa kompleks $Cr(H_2O)_6^{3+}$ yang stabil pada pH rendah. Senyawa kompleks ini dapat berubah lagi menjadi bentuk senyawa kompleks yang lebih stabil, bila kedalam larutan tersebut ditambahkan reagen pengokupleks tertentu, misalnya pada pembentukan senyawa kompleks Cr-EDTA. Proses pembentukan senyawa kompleks ini berjalan lambat dan laju reaksinya sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor kestabilan kompleksnya dan keasaman larutan. Keasaman larutan ini sangat mempengaruhi bentuk senyawaan krom dalam air serta bentuk etilen diamin tetra asetat (EDTA) yang didapatkan dalam larutan.

Bentuk senyawaan khrom dalam air dalam suasana asam, netral dan basa adalah sebagai berikut.



Senyawa EDTA atau sering ditulis sebagai H_4Y dapat terionisasi dalam larutan, sehingga didapatkan dalam bentuk ion H_4Y , H_3Y^- , H_2Y^{2-} , HY^{3-} dan Y^{4-} . Fraksi terbanyak untuk masing-masing ion ini berturut-turut adalah pada pH 2,8; 4,4; 8,8 dan 12,4. Sedangkan bentuk ion yang diharapkan pada pembentukan senyawa kompleks CrEDTA adalah H_2Y^{2-} dan fraksi ini akan didapatkan dalam daerah pH 2 - 6. Reaksi pembentukan senyawa kompleks tersebut adalah sebagai berikut.



persamaan laju reaksinya adalah :

$$V = k [\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}] [\text{H}_2\text{Y}^{2-}] \quad (2)$$

bila $[\text{H}_2\text{Y}^{2-}]$ konstan persamaan lajunya ditulis sebagai berikut.

$$V = k' [\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}] \quad (3)$$

dimana

$$k' = k [\text{H}_2\text{Y}^{2-}] \quad (4)$$

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peranan pH terhadap kinetika pembentukan senyawa kompleks Cr-EDTA. Laju reaksi diamati dari pertambahan produk senyawa kompleks ini setiap saat secara spektrofotometri.

METODA PENELITIAN

A. Penentuan Kondisi Daerah Reaksi

Buat sederetan larutan EDTA pada daerah konsentrasi 0,04 M sampai dengan 0,12 M dan sederetan larutan $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$ pada daerah konsentrasi 0,004 M sampai dengan 0,02 M. Masing-masing larutan tersebut diatur pHnya menjadi 4,4 dengan penambahan HNO_3 atau NaOH . Biarkan larutan tersebut dalam thermostat pada suhu 27°C sampai tercapai kesetimbangan thermal. Campurkan kedua larutan tersebut dalam berbagai pasangan konsentrasi. Setelah dibiarkan selama 30 menit, ukur serapan larutan selang 10 menit dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang serapan maksimum untuk CrEDTA. Tentukan pasangan yang memenuhi syarat untuk pengukuran dengan alat spektrofotometer sebagai daerah konsentrasi penentuan orde reaksi.

B. Penentuan Orde Reaksi

Dari sederetan pasangan yang diperoleh melalui prosedur A, dengan menggunakan metoda isolasi, yakni dimana konsentrasi salah satu pereaksi dibuat bervariasi sedangkan yang lainnya dibuat konstan, dibuat 3 macam perlakuan yaitu.

1. $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}]$ bervariasi dari 0,004 M - 0,002 M, $[\text{H}_2\text{Y}^{2-}]$ 0,12 M dan pH konstan (3,8; 4,4 atau 5,8).
2. $[\text{H}_2\text{Y}^{2-}]$ bervariasi dari 0,04 - 0,12 M, $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}]$ 0,02 M dan pH konstan (3,8; 4,4 atau 5,8).
3. pH bervariasi dari 2,8 - 3,8; 4,0 - 4,4; 4,8 - 5,0, $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}]$ 0,02 M dan $[\text{H}_2\text{Y}^{2-}]$ 0,12 M.

Amati serapan CrEDTA (panjang gelombang maksimum 545 nm) untuk masing-masing perlakuan a, b dan c ini selang waktu 10 menit (A_t). Biarkan reaksi berjalan ± 24 jam. Ukur serapan CrEDTA sebagai serapan waktu tak terhingga (A_∞). Dari data yang didapatkan tersebut hitung orde reaksi untuk $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, H_2Y^{2-} dan H^+ .

C. Penentuan Energi Aktivasi Reaksi

Energi aktivasi reaksi diamati pada suhu 25°C, 30°C, 35°C dan 40°C pada pH 3,8; 4,4 dan 5,8, serta konsentrasi kedua pereaksi $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}]$ dan $[\text{H}_2\text{Y}^{2-}]$ konstan. Pengukuran kecepatan terbentuknya senyawa kompleks CrEDTA setiap saat mengikuti prosedur B dan dilakukan pada suhu dan pH tersebut di atas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Saling mempengaruhi antara kestabilan pembentukan kompleks CrEDTA pada reaksi pembentukannya dengan proses kinetiknya, menyebabkan peranan pH tidak bisa diabaikan terhadap kelangsungan reaksi ini. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pada pH 3,8; 4,4 dan 5,8. Pemilihan pH didasarkan kepada bahwa pada pH ini diharapkan kondisi EDTA sebagai H_2Y^{2-} dan $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ cukup prima bereaksi membentuk kompleks CrEDTA. Sedangkan variasi konsentrasi yang digunakan untuk mendapatkan data yang baik dan memenuhi syarat pengukuran dengan spektrofotometer adalah 0,04 M sampai 0,12 M untuk EDTA dan 0,004 M sampai 0,02 M untuk $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$.

Kompleks CrEDTA berupa larutan berwarna violet, dan $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ berwarna biru. Oleh karena pada pengamatan pembentukan kompleks CrEDTA ini dideteksi dari selisih serapan antara serapan CrEDTA pada waktu tak terhingga ($\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ dianggap habis dalam reaksi) dengan serapan CrEDTA setiap saat, yaitu dalam bentuk (A_∞-A_t), maka gangguan ini dapat diabaikan.

Peranan pH terhadap masing-masing pereaksi dapat dilihat pada Tabel 1, 2, 3 dan 4 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil perhitungan orde reaksi terhadap H_2Y^{2-} pada panjang gelombang maksimum 545 nm, suhu 27°C.

pH	Konsentrasi (M)		Orde H_2Y^{2-}
	Variasi H_2Y^{2-}	$Cr(H_2O)_6^{3+}$	
3,8	0,04 - 0,12	0,02	0,2850
4,4	0,04 - 0,12	0,02	0,3478
5,8	0,04 - 0,12	0,02	- 0,1705

Dari Tabel 1 terlihat bahwa orde EDTA pada 4,4 paling mendekati nol dibandingkan dengan pada pH 3,8 dan 5,8. Hal ini juga sesuai dengan bentuk distribusi ionisasi EDTA, yakni pada pH ini EDTA didapatkan dalam jumlah maksimum dalam bentuk H_2Y^{2-} , sehingga bahagian konsentrasinya dalam reaksi yang sedang berlangsung tidak lagi mempengaruhi kecepatan reaksi saat itu.

Tabel 2. Hasil perhitungan orde reaksi terhadap $Cr(H_2O)_6^{3+}$ pada panjang gelombang maksimum 545 nm, suhu 27°C.

pH	Konsentrasi (M)		Orde $Cr(H_2O)_6^{3+}$
	Variasi $Cr(H_2O)_6^{3+}$	H_2Y^{2-}	
3,8	0,004 - 0,02	0,12	0,6964
4,4	0,004 - 0,02	0,12	0,7577
5,8	0,004 - 0,02	0,12	0,8395

Dari Tabel 2 ini terlihat bahwa orde reaksi $Cr(H_2O)_6^{3+}$ pada pH 3,8; 4,4 dan 5,8 dapat dikatakan sama dengan satu. Berbeda dengan EDTA, makin besar pH larutan, bahagian konsentrasi $Cr(H_2O)_6^{3+}$ makin berperan dalam menentukan kecepatan reaksi. Hal ini disebabkan pada pH rendah $Cr(H_2O)_6^{3+}$ sangat stabil sehingga kecenderungannya untuk bereaksi dengan EDTA akan berkurang.

Tabel 3. Hasil perhitungan orde reaksi terhadap H^+ pada panjang gelombang maksimum 545 nm, suhu 27°C.

Variasi pH	Konsentrasi (M)		Orde H^+
	$Cr(H_2O)_6^{3+}$	H_2Y^{2-}	
2,8 - 3,8	0,02	0,12	- 0,941
4,0 - 4,4	0,02	0,12	- 0,710
4,8 - 5,8	0,02	0,12	- 0,630

Orde reaksi terhadap H^+ pada daerah pH 2,8 sampai dengan 5,8 dapat disamakan dengan negatif pertama. Ini berarti bahwa kecepatan reaksi diperlambat oleh ion H^+ . Pada keasaman tinggi kecepatan reaksi makin bertambah lambat. Hal ini disebabkan bahwa pada pH rendah, $Cr(H_2O)_6^{3+}$ sangat stabil sehingga sukar bereaksi dengan EDTA, serta EDTA pada kondisi ini terdapat dalam dua bentuk fraksi yaitu fraksi H_2Y^{2-} dan H_2Y .

Tabel 4. Hasil perhitungan tetapan laju reaksi k' dan k pada λ_{max} 545 nm dan suhu 27°C.

pH	$k' \cdot 10^3$ (min^{-1})	$k \cdot 10^3$ (min^{-1})
3,8	1,73	9,21
4,4	2,82	9,45
5,8	8,80	9,69

Dari Tabel 4 terlihat bahwa harga konstanta laju reaksi k' untuk keadaan $[\text{H}_2\text{Y}^{2-}]$ konstan bertambah dengan bertambahnya pH. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan reaksi juga bertambah dengan bertambahnya pH larutan. Tabel 4 ini juga memperlihatkan bahwa konstanta laju reaksi k adalah konstan, sehingga berdasarkan hal ini reaksi pembentukan kompleks CrEDTA (1) yang harga konstanta lajunya tertera menurut persamaan 2 adalah reaksi orde pertama, dimana $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}]$ berperan dominan menentukan kecepatan reaksi.

Untuk memperkuat kebenaran yang diperoleh pada data Tabel 4, maka dilakukan penelitian dan perhitungan terhadap nilai energi aktivasi reaksi. Hasil perhitungan energi aktivasi ini terlihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil perhitungan energi aktivasi reaksi (E_a) pada panjang gelombang maksimum 545 nm.

pH	Suhu ($^{\circ}\text{K}$)	$k \cdot 10^3$	E_a (kkal/mol. $^{\circ}\text{K}$)
3,8	298	4,5521	34,12
	303	21,4667	
	308	40,5036	
	313	80,1598	
4,4	298	17,5700	29,97
	303	29,0440	
	308	87,6440	
	313	164,6740	

Pada Tabel 5 terlihat bahwa energi aktivasi (E_a) semakin kecil dengan bertambahnya pH larutan, atau dengan kata lain reaksi semakin cepat dengan bertambahnya pH larutan. Hal ini terbukti pada penentuan energi aktivasi pada pH 5,8, dimana pada pH ini nilai energi aktivasi tidak didapatkan, karena reaksi berjalan sangat cepat dan sukar diamati.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terhadap kinetika reaksi pembentukan kompleks CrEDTA dapat disimpulkan bahwa.

1. Pada daerah konsentrasi 0,004-0,02M untuk $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ dan 0,04-0,12 M untuk EDTA, reaksi berorde pertama terhadap $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ dan berorde nol terhadap EDTA serta berorde negatif pertama terhadap H^+ .
2. Kecepatan pembentukan kompleks CrEDTA bertambah besar dengan bertambahnya pH larutan untuk daerah pH 3,8; 4,4 dan 5,8.
3. Energi aktivasi dari reaksi berbanding terbalik dengan perubahan pH reaksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hamn, R.E., 1953. "Complex ions Chromium. The Ethylenediaminetetraacetic Acid Complex with Chromium (III)" *J.Am.Chem.Soc.* 75, 5670-5672.
2. Hamn, R.E. and Davis R.E., 1953. "Complex Ion of Chromium, Reaction between Hexaquachromium (III) and Oxalate Ions", *J.Am.Chem.Soc.* 75, 3085-3089.
3. Leider, J.K., 1982. "Chemical Kinetics" 2nd ed. Publishing Company Ltd. New Dehli, 1-28, 450-457 and 514-520.
4. Nelson, J.H. and Kemp, K.C., 1981. "Laboratory Experiments for Brown and Lemay Chemistry the Central Science" 2nd ed. Prentice Hall Inc. New Jersey, 213-239.
5. Slowinski, E.J. and Wolsey W. and Masterton, W.L., 1983. "Chemical Principles in the Laboratory with Qualitative Analysis". Alternate Edition, Saundere College Publishing, Madrid, 117-134.