

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Tanah

Air tanah adalah air alam yang ditemukan di bawah permukaan tanah. Temperatur dapat bervariasi tetapi kecil. Ketika air melewati tanah, maka asam karbonat dan asam organik akan terserap. Keasaman air menambah kelarutan dalam zat lain, khususnya zat-zat mineral, akibat dari itu banyaknya zat yang terlarut dalam air tanah biasanya tinggi. Oksigen terlarut dalam air sebelum air tersebut menembus tanah biasanya digunakan sebagai oksidasi zat organik, sehingga akibatnya air tanah biasanya kekurangan oksigen terlarut. Zat-zat tertentu konsentrasinya akan tetap tinggi dalam air tanah dari pada dalam air permukaan⁽⁴⁾.

Secara khusus, air tanah adalah air yang terletak diantara 2 lapisan batuan yang kedap air, yang disebut dengan lapisan akuiver. Lapisan ini banyak mengandung air. Letaknya biasanya dalam. Debit Air yang keluar dari lapisan ini sangat besar dan bisa memancar. Air yang memancar keluar dari lapisan akuiver disebut air artesis. Jika memancarnya disebabkan oleh retaknya batuan secara alami, maka akan terbentuk mata air artesis, namun jika pengeboran atau penggalian sumur dalam maka akan terbentuk sumur artesis (buatan).

2.2. Kelor (*Moringa oleifera*)

2.2.1. Deskripsi kelor

Moringa oleifera dikenal di Jawa dengan nama kelor, merupakan pohon yang dapat mencapai tinggi \pm 8 Meter. Batang berkayu, bulat, mempunyai cabang, berbintik hitam putih, kotor. Daunnya kecil berbentuk majemuk, mempunyai panjang 20-60 cm, anak daun bulat telur, tepinya rata, ujung berlekuk, bersirip gasal dan berwarna hijau. Bunga majemuk bentuk malai, terletak di ketiak daun, panjang 10-30 cm, daun kelopak hijau, benang sari dan putik kecil, mahkota berwarna putih. Buahnya berupa polong, panjang 20-45 cm, dalam tiap polong berisi 15-25 biji, berwarna coklat kehitaman. Bijinya bulat, bersayap 3 dan berwarna hitam. Akarnya tunggang, berwarna putih kotor.

Kelor berasal dari India. Di Indonesia banyak terdapat di daerah pantai dan dataran rendah dengan ketinggian 500 meter dari permukaan laut⁽¹⁾.

2.2.2. Penjernihan secara tradisional

Salah satu cara untuk menjernihkan air adalah dengan menggumpalkan kotoran-kotoran yang ada di dalamnya lalu dibiarkan mengendap kemudian dipisahkan. Bahan penggumpal kotoran yang ditambahkan dalam air disebut dengan koagulan.

Di negara tropis, penjernihan air banyak dilakukan secara tradisional, yaitu dengan menambahkan semacam tanah

atau dengan suatu bubuk bahan tumbuhan (terutama biji), untuk membentuk suatu suspensi. Koagulan ditambahkan dalam jumlah kecil ke dalam air dan diaduk selama 10-20 menit. Suspensi kemudian dituang pada air keruh pada suatu tempayan dan bahan tersuspensi dibiarkan turun ke bawah. Hasil yang memuaskan didapat setelah dibiarkan minimal 1 jam.

2.2.3. Kelor sebagai koagulan dalam penjernihan air

Koagulan yang cukup ekonomis yang dapat dipergunakan oleh masyarakat adalah koagulan alami untuk menjernihkan air tersebut.

Pemakaian biji kelor di Yogyakarta menunjukkan bahwa biji kelor merupakan koagulan yang cukup efektif untuk penjernihan serta tidak beracun⁽⁵⁾. Pemakaiannya ter-gantung pada kekeruhan yang terdapat pada air yang akan dijernihkan, dengan rata-rata yang digunakan adalah, 1 biji untuk 1 Liter air keruh.

Penelitian kandungan unsur-unsur yang ada dalam biji kelor mendapatkan :

Kadar kalsium	0,18%
Kadar fosfor	0,69%
Kadar besi	0,2567 mg
Kadar aluminium	2,8425 mg

Komposisi biji

Kulit biji	35,08%
Daging biji	64,92%
Kandungan protein	36,00%
Kandungan minyak lemak	32,09%(5)

2.3. Teori Koagulasi Dan Flokulasi

Kumpulan (aggregate) partikel koloid terjadi dalam dua fasa yang terpisah. Gaya tarik antara partikel harus diatasi serta destabilisasi partikel harus dilakukan. Langkah destabilisasi dilakukan penambahan bahan kimia diikuti dengan pengadukan yang cepat.

- Koagulasi : proses yang menyebabkan reduksi gaya tolak antara partikel atau netralisasi muatan partikel.
- Flokulasi : proses yang menyebabkan kumpulan (aggregate) partikel menjadi lebih besar.

Proses ini bisa dilakukan dengan tiga cara yaitu :

1. Pelarutan reagen melalui pengadukan cepat, bila perlu juga pembubuhan bahan kimia.
2. Pengadukan lambat untuk membentuk flok-flok, pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak flok yang telah terbentuk.
3. Penghapusan flok-flok dengan koloid yang terkurung dari larutan melalui sedimentasi.

Mekanisme (daya kerja) proses flokulasi ada 2 yaitu :

1. Koagulasi penyapuan : flok-flok yang tidak terlarut mengurung partikel-partikel koloid.

Sifat : - endapan yang dihasilkan seperti bulu, besar dan ringan (diameter beberapa mm)
 - warna endapan keputih-putihan.

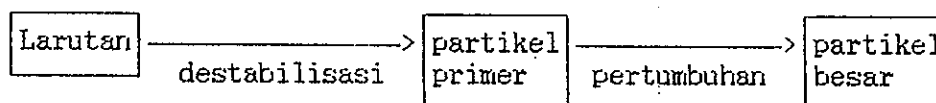
2. Koagulasi penyerapan : muatan elektris partikel diubah oleh molekul penyerap yang menempel pada permukaan koloid.

Sifat : - endapan yang dihasilkan lebih kecil dan padat (diameter \pm 1 mm)
 - warna endapan bisa lebih coklat dan abu-abu⁽⁶⁾.

2.3.1. Pembentukan dan pertumbuhan partikel

Dalam pembentukan partikel besar menyangkut proses pembentukan padatan dari suatu larutan yang stabil.

Tahapan proses pembentukan dan pertumbuhan partikel dari suatu larutan dapat digambarkan dengan diagram seperti yang ditunjukkan pada gambar. Secara garis besar, proses tersebut dapat diuraikan menjadi dua tahap, pembentukan partikel-partikel primer dan pertumbuhan partikel menjadi partikel yang lebih besar atau partikel akan berkelompok membentuk partikel yang lebih besar.



Gambar 2.1 : Tahapan pembentukan pertumbuhan partikel dari larutan

a. Pembentukan partikel primer

Jika kelarutan bahan dalam suatu larutan terlampaui, larutan dapat mengalami keadaan jenuh. Keadaan tersebut dapat dicapai dengan penurunan kelarutan bahan atau merubah bahan terlarut menjadi bahan lain yang memiliki kelarutan lebih rendah dengan cara penurunan suhu atau penambahan bahan tertentu. Penurunan kelarutan karena penambahan bahan dapat terjadi karena terjadinya reaksi kimia, perubahan konstanta dielektrik larutan dan perubahan keseimbangan sifat hidrofobik dan hidrofilik seperti yang terjadi pada presipitasi isoelektrik.

Pada keadaan lewat jenuh atau stabilitas larutan yang terganggu, partikel-partikel molekuler yang ada dalam larutan memiliki kesempatan untuk saling bertumbukan. Dari tumbukan tersebut akan terbentuk partikel gabungan yang lebih besar. Karena ukurannya yang kecil, partikel gabungan yang terbentuk dapat larut kembali sehingga proses tersebut merupakan proses bolak-balik. Keadaan yang demikian berlangsung terus sampai pada kondisi yang memungkinkan, terbentuk partikel dengan ukuran tertentu yang stabil, dimana laju proses pelarutan kembali kecil sekali atau bahkan terhenti. Partikel-partikel stabil yang terbentuk dengan ukuran terkecil tersebut dikenal sebagai partikel primer.

Pembentukan partikel primer dapat dijelaskan dengan model proses tumbukan bolak-balik seperti berikut :

$$A + A = A_2$$

$$A_2 + A = A_3$$

$$A_{x-1} + A = A_x \text{ (partikel primer)}$$

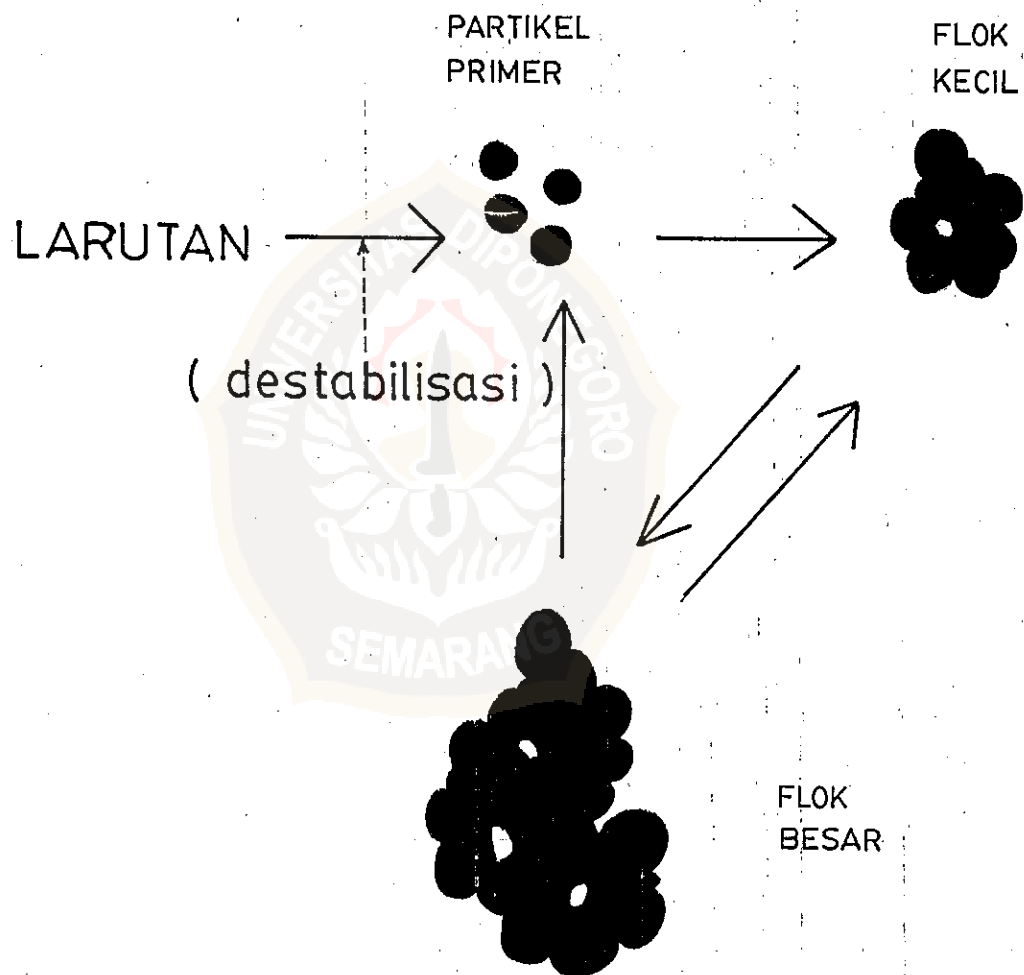
A merupakan partikel berukuran molekul yang terlibat dalam tumbukan dan x merupakan jumlah partikel yang tergabung untuk membentuk satu partikel. Tumbukan antar partikel kecil ini terjadi terutama karena gerakan Brown. Besarnya partikel primer berkisar antara 0,1-5 µm bergantung pada kondisi pembentukan partikel dan jenis bahannya.

b. Pertumbuhan flok

Pada tahap berikutnya partikel tumbuh dengan proses yang berbeda dengan pembentukan partikel primer walaupun tumbukan antar partikel tetap menjadi penentunya. Pertumbuhan tersebut dapat berupa pertumbuhan partikel tunggal atau kelompok partikel-partikel kecil bergantung pada kondisinya. Pembicaraan disini diutamakan pada pertumbuhan partikel yang berbentuk kelompok atau gumpalan partikel-partikel dengan ikatan antar partikel anggotanya lemah. Gumpalan partikel tersebut dikenal sebagai flok.

Pada kondisi tertentu pembentukan kelompok partikel (dalam hal ini flok) lebih dominan daripada pertumbuhan partikel tunggal mekanisme pertumbuhannya dapat dijelaskan dengan skema seperti yang ditunjukkan dalam gambar.

Flok terbentuk akibat tumbukan antar partikel-partikel yang ada karena adanya aliran fluidanya. Tumbukan tersebut dapat terjadi dari partikel kecil dengan partikel kecil lainnya untuk membentuk partikel yang lebih besar, partikel besar dengan partikel kecil sehingga partikel besar tumbuh dan partikel besar dengan partikel besar⁽⁷⁾.



Gambar 2.2 : Mekanisme pertumbuhan flok⁽⁷⁾

2.4. Tawas (Alum)

Dalam kelor terdapat logam aluminium yang diperkirakan strukturnya sama dengan struktur alum.

Struktur alum dapat sebagai :

- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ atau $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Komposisi tawas sebagai hasil tambang adalah $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \pm 14\text{H}_2\text{O}$.
- $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

Apabila garam alum tersebut dimasukkan dalam air, maka akan terbentuk

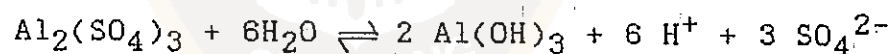
- Molekul yang terlarut.

Pada $\text{pH} < 7$ dapat berupa $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$

Pada $\text{pH} > 7$ berupa $\text{Al}(\text{OH})_4^-$

- Flok-flok $\text{Al}(\text{OH})_3$, yang mengendap berwarna putih. Supaya proses tersebut efisien, flok-flok harus terbentuk dengan baik.

Hidrolisa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dalam air menurut reaksi umum adalah sebagai berikut :



Reaksi ini menyebabkan pembebasan ion H^+ , sehingga pH larutan berkurang. Untuk membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ dibutuhkan pH 6 sampai 8. (6)

2.5. Tinjauan Tentang Unsur Besi, Kalsium dan Magnesium

2.5.1. Besi

Konsentrasi besi dalam air beberapa puluh mg/L akan menyebabkan air tidak sesuai untuk beberapa penggunaan, sehingga pengetahuan tentang konsentrasi besi dalam air sangat diperlukan⁽⁸⁾.

Besi adalah salah satu unsur yang terlarut dalam air permukaan dan air tanah. Kandungan besi yang cukup besar dalam air minum biasanya tidak diinginkan karena dapat menimbulkan rasa yang tidak enak⁽⁴⁾.

Depkes RI dan WHO menetapkan kandungan besi dalam air minum yang dianjurkan adalah tidak lebih dari 0,1 mg/L. Efek yang mungkin ditimbulkan oleh kelebihan kandungan besi untuk keperluan rumah tangga adalah timbul rasa agak pahit dan timbul endapan pada pipa distribusi serta menambah kekeruhan⁽⁹⁾.

2.5.2. Kalsium

Mineral merupakan sumber utama ion kalsium dalam air. Ion kalsium bersama-sama dengan ion magnesium dan kadang-kadang ion ferro, ikut menyusun kesadahan air bila bersenyawa dengan ion bikarbonat, sulfat atau klorida. Sebagai akibat umum yang ditimbulkan dari kesadahan air adalah terbentuknya endapan dan membentuk kerak pada pemanas dan pipa air.

Depkes RI dan WHO menetapkan kandungan kalsium dalam air minum yang dianjurkan adalah tidak lebih dari 75 mg/L. Efek yang dapat ditimbulkan oleh kelebihan kalsium terhadap kesehatan adalah menyebabkan bisul perut dan kegagalan fungsi ginjal⁽⁴⁾.

2.5.3. Magnesium

Depkes RI dan WHO menetapkan kandungan magnesium yang dianjurkan dalam air minum adalah tidak lebih dari 30 mg/L. Kelebihan magnesium dalam air minum dapat menyebabkan peningkatan peristaltik usus dan memperbanyak kencing. Efek lain yang ditimbulkan adalah kualitas rasa serta menyebabkan iritasi usus jika ada ion sulfat⁽⁹⁾.

2.6. Spektrofotometri Serapan Atom

2.6.1. Prinsip analisa

Secara sederhana cara analisa ini didasarkan pada proses serapan radiasi oleh atom-atom. Jadi di sini harus ada atom-atom dan sinar dengan sifat spesifik yang dapat mengadakan interaksi dengan atom-atom tersebut.

Sifat spesifik suatu sinar ditentukan oleh frekuensi dan panjang gelombang, sedang sifat spesifik atom ditentukan oleh susunan elektronnya.

Untuk merubah unsur-unsur menjadi atom-atom diperlukan tenaga pemecah guna memisahkan keterikatannya dalam suatu senyawa/molekul. Tenaga pemecah ini umumnya di peroleh dari tenaga panas.

Suatu senyawa kimia, bila dibakar dalam nyala api mula-mula akan mengalami penguapan untuk kemudian terpecah menjadi bagian yang lebih kecil. Untuk kemudian mengalami proses eksitasi atom. Jadi kesimpulannya disini yaitu sampel diatomkan, akan menuju ke keadaan dasar. Kemudian diberi sinar dari sumber cahaya, maka akan menuju ke keadaan eksitasi. Energi serapan ini yang diukur⁽⁶⁾.

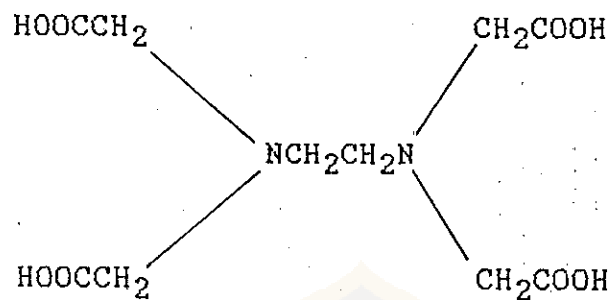
2.7. Titrasi Pembentukan Kompleks

Satu dari jenis-jenis reaksi kimia yang dapat digunakan sebagai dasar penentuan titrimetri melibatkan pembentukan suatu kompleks atau ion kompleks yang dapat larut tetapi sedikit terdisosiasi. Kompleks disini terbentuk dari suatu reaksi ion logam, yaitu kation dengan suatu anion atau molekul netral. Ion logam didalam kompleks disebut atom pusat dan kelompok yang terikat pada atom pusat disebut ligan. Jumlah ikatan terbentuk oleh atom logam pusat disebut bilangan koordinasi dari logam. Molekul atau ion yang bertindak sebagai ligan biasanya mempunyai atom elektronegatif, misalnya nitrogen, oksigen atau salah satu dari halogen. Ligan yang hanya mempunyai sepasang elektron tak dipakai bersama, dikatakan unidentat. Yang mempunyai dua gugus yang mampu membentuk dua ikatan dengan atom sentral dikatakan bidentat.

Cincin heterosiklik yang terbentuk oleh interaksi suatu ion logam dengan dua atau lebih gugus fungsional dalam ligan dinamakan cincin khelat, molekul organiknya pereaksi pembentuk khelat dan kompleksnya dinamakan senyawa khelat.

2.7.1. Titrasi khelometrik

Pada titrasi khelometrik, EDTA sebagai titran merupakan ligan seksidentat yang dapat berko-ordinasi dengan ion logam dengan pertolongan kedua nitrogen dan empat gugus karboksil.



Gambar 2.3 : Rumus struktur EDTA⁽¹⁰⁾

Untuk memudahkan, bentuk asam EDTA bebas sering disingkat H_4Y .

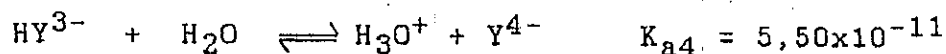
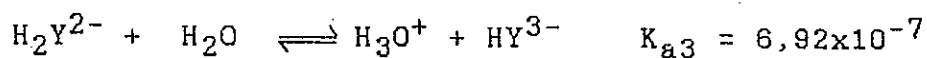
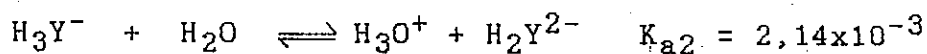
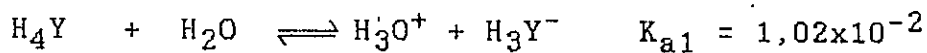


$$K_{abs} = \frac{[MY^{-(4-n)}]}{[M^{n+}][Y^{4-}]}$$

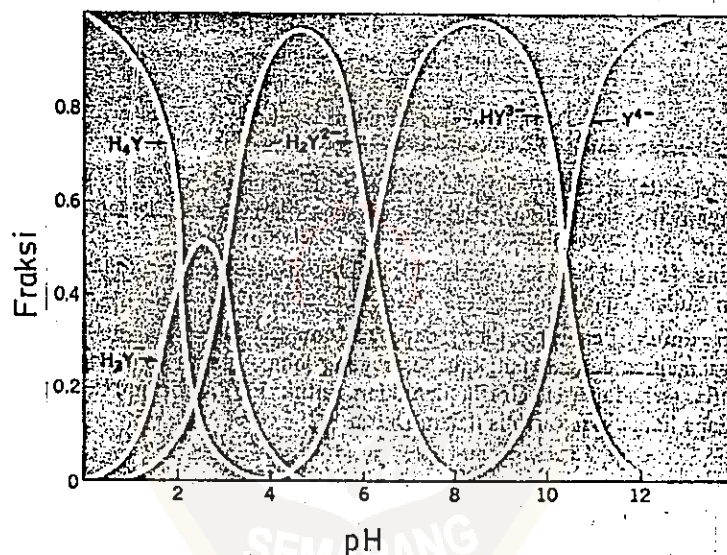
disebut dengan tetapan stabilitas absolut.

* Pengaruh pH

Empat tetapan disosiasi asam H_4Y sebagai berikut :



Distribusi ke lima zat EDTA sebagai fungsi pH ditunjukkan pada grafik 2.1, terlihat bahwa hanya pada harga-harga pH lebih lebih besar dari kira-kira 12, kebanyakan EDTA ada dalam bentuk tetraanion Y^{4-} . Pada harga-harga pH yang lebih rendah, zat yang berproton HY^{3-} dan seterusnya ada dalam jumlah berlebihan.



Grafik 2.1 : Distribusi EDTA sebagai fungsi pH⁽¹⁰⁾

Selanjutnya dapat dianggap bahwa H_3O^+ bersaing dengan ion logam mendapatkan EDTA, dan jelaslah bahwa kecenderungan yang sebenarnya untuk membentuk khelonat logam pada sembarang harga pH tidak dapat diperbedakan langsung dari K_{abs} .

Dalam perhitungan, akan menyangkut K_{abs} dan harga K_a yang sesuai dari EDTA.

$$C_y = [Y^{4-}] + [HY^{3-}] + [HY^{2-}] + [H_3Y^{-}] + [H_4Y]$$

$$\frac{[Y^{4-}]}{C_y} = \frac{K_{a1} K_{a2} K_{a3} K_{a4}}{[H_3O^+]^4 + [H_3O^+]^3 K_{a1} + [H_3O^+]^2 K_{a1} K_{a2} + [H_3O^+] K_{a1} K_{a2} K_{a3} + K_{a1} K_{a2} K_{a3} K_{a4}}$$

$$\frac{[Y^{4-}]}{C_y} = \alpha_4$$

$$K_{abs} \alpha_4 = \frac{[MY^{-(4-n)}]}{[M^{n+}]} = K_{eff}$$

Dengan : C_y = Konsentrasi total EDTA yang tak berkompleks.

α_4 = Fraksi EDTA bentuk Y^{4-}

K_{eff} = tetapan efektif (stabilitas bersyarat)⁽¹⁰⁾

Harga α_4 dapat dihitung pada sembarang pH dan pada harga-harga pH sangat tinggi $[H_3O^+]^4$ akan dapat ditiadakan.

Jika pH turun, α_4 menjadi lebih kecil akibatnya K_{eff} menjadi lebih kecil.

Jadi pada pH di atas 12, EDTA secara lengkap terdisosiasi, α_4 mendekati satu dan K_{eff} mendekati K_{abs} .

* Indikator titrasi khelometrik

Indikator di sini sering disebut dengan indikator metalokhromik, yang pada dasarnya merupakan senyawa organik berwarna, yang membentuk khelat dengan ion logam. Khelatnya harus mempunyai warna lain dari warna indikator bebasnya dan jika titik akhir yang tajam diperoleh, maka

indikator harus melepaskan ion logamnya kepada titran EDTA pada suatu harga pM sangat dekat dengan titik ekivalen⁽¹⁰⁾. Indikator jenis ini contohnya adalah : Eriochrome Black T, Murexide, Pyrocatechol violet, Xylenol orange, Calmagite dll. Keefektifan indikator tergantung pada kestabilannya⁽¹¹⁾.

