BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Surfaktan.

Surfaktan adalah produk industri kimia yang mempunyai kegunaan yang luas, antara lain dalam minyak, obat-obatan , detergen, *drieling muds* yang digunakan untuk melindungi petroleum, flotasi dan sebagainya. Akhir-akhir ini surfaktan telah menjadi subyek penelitian yang intensif oleh para peneliti dalam bidang-bidang kinetika kimia dan Biokimia, karena sifat dari bentuk polimernya yang menarik.

Bahan aktif permukaan atau surfaktan, adalah bahan yang pada konsentrasi rendah dalam suatu sistim mempunyai sifat terserap di atas permukaan (surface) atau antar permukaan (interface) dari sistim dan mengubah energi bebas permukaan atau antar permukaan hingga suatu tingkat yang teramati[1]. Surfaktan selalu menurunkan energi bebas antar permukaan, walaupun untuk tujuan khusus dapat dibuat sebaliknya. Efek-efek ini dikenal sebagai aktif permukaan (surface active). Istilah "antar permukaan" ("interface") menunjukan batas antara dua fasa yang tidak bercampur, sedang istilah "permukaan" ("surface") menunjukan suatu interface yang salah satu fasanya adalah gas, biasanya udara.

Energi bebas di atas permukaan adalah jumlah usaha atau kerja minimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu luas area dari interface tersebut. Energi bebas antar permukaan per satuan luas area merupakan besaran yang diukur ketika menentukan tegangan antar permukaan di antara dua fasa. Tegangan muka ini adalah

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

jumlah usaha yang minimum untuk menghasilkan suatu luas area dari interface untuk memperluasnya dengan suatu luas area.

Pengukuran tegangan muka suatu cairan sebenarnya adalah pengukuran terhadap energi bebas antar permukaan per satuan luas area dari batas di antara cairan tersebut dan udara di atasnya. Ketika suatu interface diperluas, maka usaha minimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan jumlah interface tambahan tersebut adalah hasil kali tegangan antar permukaan dan kenaikan luas area interface tersebut:

$$W_{min} = \gamma A \qquad \text{.....(1)}$$

dengan : W_{min} = Usaha/kerja minimum (Joule)

γ = Tegangan muka (Joule/m^2)

A = Luas area (m^2)

Surfaktan adalah suatu bahan yang pada konsentrasi rendah terdistribusi pada sebagian atau seluruh interface dalam sistim dan secara nyata mengubah jumlah usaha yang dibutuhkan untuk memperluas interface tersebut.

2.1.1. Ciri-ciri struktur umum dan perilaku surfaktan

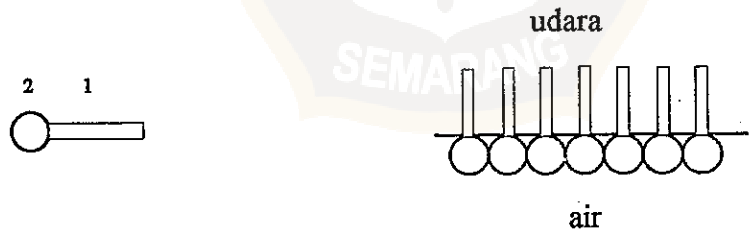
Surfaktan mempunyai struktur molekul yang khas, karena adanya gugus yang mempunyai tarikan yang sangat kecil terhadap pelarut, dikenal sebagai gugus liofobik, bersama-sama dengan gugus yang mempunyai tarikan yang kuat terhadap pelarut disebut gugus liofilik. Ini dikenal sebagai struktur amfifotik atau amfifilik.

Apabila surfaktan terlarut dalam suatu pelarut, adanya bagian liofobik di bagian dalam pelarut tersebut menyebabkan terjadinya distorsi struktur cairan pelarut tersebut, yaitu menaikkan energi bebas dari sistem tersebut. Di dalam larutan air-

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

surfaktan distorsi air disebabkan oleh bagian liofobik (hidrofobik) surfaktan, dan menghasilkan kenaikan energi bebas sistem. Hal ini berarti kerja yang dibutuhkan untuk membawa molekul surfaktan ke permukaan lebih kecil dari pada kerja yang dibutuhkan untuk membawa molekul air ke permukaan. Hal inilah yang menyebabkan senyawa surfaktan pada suatu sistem cairan cenderung terkonsentrasi pada permukaan. Karena kerja yang diperlukan untuk membawa molekul surfaktan ke permukaan lebih kecil, berarti adanya surfaktan menurunkan kerja yang diperlukan untuk membawa unit luas permukaan (energi bebas permukaan atau tegangan permukaan). Dan dengan adanya gugus liofilik (hidrofilik) mencegah keluarnya surfaktan secara sempurna dari pelarut sebagai fasa yang terpisah.

Bila surfaktan dimasukan ke dalam air maka senyawa tersebut akan berada pada permukaan dan akan teratur sedemikian rupa sehingga bagian non polar, misalnya rantai hidrokarbon, berorientasi ke fasa uap, sedangkan bagian polar, misalnya gugus-gugus -COOH, -OH, $-NH_2$ dan $-NO_2$ berorientasi ke fasa air.[3] Seperti terlihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



(A) (B)

Gambar 2.1 A) Skema struktur surfaktan.

1. Bagian liofobik
2. Bagian liofilik

B) Orientasi molekul surfaktan dalam air.[3]

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Struktur kimia gugus yang cocok sebagai bagian liofobik dan liofilik dari molekul surfaktan berubah-ubah sesuai dengan sifat pelarutnya dan kondisi penggunaanya. Untuk aktivitas permukaan dalam suatu sistem tertentu, molekul surfaktan harus mempunyai suatu struktur kimia yang amfifotik dalam pelarut tersebut pada kondisi permakaian.

Gugus hidrofobik biasanya adalah residu hidrokarbon rantai panjang dan jarang sebagai suatu hidrokarbon terhalogenasi atau teroksidasi maupun rantai siloksan.

Perbedaan sifat gugus hidrofobik biasanya kurang nyata daripada hidrofilik. Pada umumnya gugus hidrofobik adalah residu-residu hidrokarbon rantai panjang.[1] Walaupun demikian mereka mencakup struktur-struktur yang berbeda sebagai berikut:

1. Rantai lurus, gugus-gugus alkil rantai panjang (C_8 - C_{20})
2. Rantai bercabang , gugus -gugus alkil rantai panjang (C_8 - C_{20})
3. Residu alkil benzena rantai panjang (C_8 - C_{15})
4. Residu alkil naftalena rantai panjang (C_3 dan di atasnya gugus alkil panjang)
5. Turunan rosin
6. Polimer-polimer, Propilena oksida dengan berat molekul tinggi (turunan polioksi propilen glikol)
7. Gugus perfluoro alkil rantai panjang
8. Gugus-gugus polisiloksan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Gugus hidrofilik adalah suatu gugus ionik atau yang mempunyai kepolaran tinggi. Berdasarkan sifat-sifat gugus hidrofilik, surfaktan dikelompokkan sebagai berikut:

1. Anionik, yaitu bagian molekul yang aktif permukaan mempunyai muatan negatif.

   Contoh : $R - \overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C} - O^- Na^+$ (sabun)

   $RC_6H_4SO_3^-Na^+$ (alkil benzena sulfonat)

2. Kationik, yaitu bagian molekul yang aktif permukaannya mempunyai muatan positif.

   Contoh: R^+NH3Cl^- (garam dari amonium rantai panjang)

   $R^+N(CH_3)_3Cl^-$ (amonium klorida kuarterner)

3. Ion Zwitter (Zwitter Ion), yaitu baik muatan positif maupun negatif ada dalam bagian molekul yang aktif permukaan.

   Contoh: $R^+NH_2CH_2COO^-$ (asam amino rantai panjang)

   $R^+N(CH_3)_2CH_2CH_2SO_3^-$ (sulfo butaina)

4. Non Ionik, yaitu bagian molekul yang aktif permukaannya tidak mempunyai muatan ionik yang jelas.

   Contoh: $RCOOCH_2CHOHCH_2OH$ (monogliserida dari asam lemak rantai panjang)

   $RC_6H_4(OC_2H_4)_XOH$ (polioksi etilen alkil fenol)

Kelompok anionik terbagi lagi menjdi lima jenis senyawa yaitu[1] :

1. Garam-garam dari asam karboksilat.

   a. Garam-garam Na dan K dari asam-asam lemak rantai lurus (sabun).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

b. Garam-garam Na dan K dari asam-asam lemak minyak kelapa.

c. Garam-garam Na dan K dari asam-asam lemak "Tall Oil" (hasil samping pembuatan kertas, yaitu suatu campuran dari asam-asam lemak dan asam-asam rosin dari kayu dengan perbandingan 50 - 70 % asam lemak, terutama oleat dan linoleat dan 30 - 50 % asam-asam rosin).

d. Garam-garam amina.

e. Polipeptida terasilasi.

2. Garam-garam dari asam sulfonat.

a. Alkil benzena sulfonat rantai lurus.

b. Alkil benzena sulfonat yang lebih tinggi (C_{13} - C_{15}).

c. Benzena, Toluena, Silena dan Kumena Sulfonat.

d. Petroleum Sulfonat.

e. Parafin sulfonat.

f. Ester Sulfosuksinat, $RCOOCH_2CO(SO_3^-M^+)COOR$.

g. Alkil naftalena sulfonat.

h. Isotionat, $RCOOCH_2CH_2SO_3\text{-}M^+$.

3. Garam-garam ester asam sulfonat.

4. Ester-ester asam fosfat dan poliposfat.

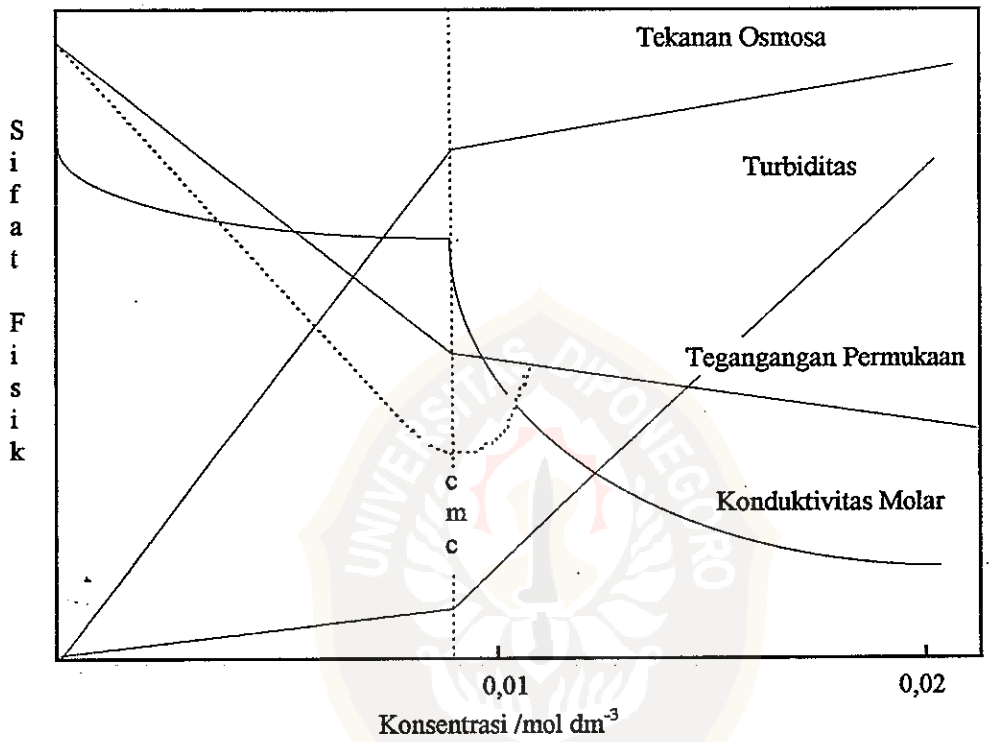
5. Anionik perfluorosiasi.

2.1.2. Sifat fisik larutan surfaktan

Larutan-larutan dari bahan aktif permukaan menunjukkan sifat fisik yang unik. Di dalam larutan encer, surfaktan bekerja sebagai larutan normal (dan dalam surfaktan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

ionik, ia berperilaku seperti larutan elektrolit normal)[2]. Pada konsentrasi yang agak pekat, terjadi perubahan yang tiba-tiba dari beberapa sifat fisiknya; seperti tekanan osmosa, turbiditas, daya hantar listrik dan tegangan permukaannya, seperti terlihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Sifat fisik larutan sodium dodesil sulfat pada 25^0 C.[2]

Laju pertumbuhan tekanan osmosa akan semakin naik dengan naiknya konsentrasi, tetapi setelah tercapai konsentrasi kritis misel laju pertumbuhannya menjadi tidak normal (menjadi turun), dan laju pertumbuhan turbiditas terhadap kenaikan konsentrasi akan semakin naik dan kenaikan turbiditas akan semakin besar setelah tercapai konsentrasi kritis misel. Konduktansi dari larutan surfaktan ionik, bagaimanapun juga tetap relatif tinggi, terlihat bahwa disosiasi ionik tetap dihasilkan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Sifat fisik larutan surfaktan tersebut di atas dapat dijadikan sebagai dasar bagi penentuan konsentrasi kritis misel. Baik itu melalui tekanan osmosa, tegangan muka, konduktivitas molar maupun dari turbiditasnya.

2.1.3. Golongan-golongan surfaktan

Bahan-bahan yang termasuk dalam golongan surfaktan adalah pengemulsi, penstabil/pemantap emulsi, pengental dan pembasah [(2)].

1. Pengemulsi.

Pengemulsi adalah suatu bahan yang dapat mengurangi tegangan muka pada permukaan antara dua fasa yang dalam keadaan normal tidak saling melarutkan menjadi dapat bercampur dan membentuk emulsi.

Apabila minyak dituangkan dalam wadah berisi air, kemudian dikocok kuat-kuat terjadi campuran yang tidak bening. Campuran tersebut terjadi atas titik-titik cairan yang satu tersebar di seluruh fasa yang lain. Sistim ini disebut emulsi. Tanpa pengemulsi sistim tersebut segera memisah menjadi dua bagian penyusun mula-mula.

2. Pemantap Emulsi

Banyak jenis polimer yang berfungsi meningkatkan kekentalan dalam larutan dengan pelarut air dan menyebabkan pembentukan gel pada suatu keadaan. Kecuali itu masing-masing polimer tersebut mempunyai sifat-sifat khas mengenai ketahanan terhadap perubahan-perubahan yang tajam, misalnya pada pengaruh pemanasan dan perlakuan pembekuan serta pelelehan.

Secara umum bahan-bahan pengental dan pembentuk gel yang larut dalam air disebut Gom. Gom dibutuhkan sebagai bahan tambahan yang penting yang dapat

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

berfungsi sebagai pengental, pembentuk gel dan pembentuk lapisan tipis dan penggunaan yang berhubungan dengan fungsi tersebut, yaitu sebagai pembentuk suspensi, pengemulsi, pemantap emulsi dan lain-lain. Dalam praktek sulit untuk membedakan antara fungsi pengemulsi dan pemantap emulsi.

3. Pengental

Di samping sifat kelarutannya dalam air, sifat lain gom yang penting adalah bahwa gom dapat menghasilkan larutan yang kental dengan dispersi dalam air. Kekentalan yang tinggi diperoleh dengan teknik pembuatan emulsi. Partikel-partikel terdispersi ditambahkan sehingga lebih banyak dari partikel fasa pendispersi.

4. Pembasah

Bahan-bahan mempunyai daya serap air yang berbeda-beda. Ada tiga macam sistim pada bahan yang akan mempengaruhi mudah tidaknya bahan tersebut terbasahi oleh air.

a. Pembasahan permukaan yang berlapis lilin

Adanya lapisan lilin di permukaan bahan seperti pada apel dan daun kol menyebabkan air sulit diadsorpsi dan membentuk lapisan air di atas lapisan lilin yang menyebabkan bahan tidak bisa dibasahi. Surfaktan yang dipakai harus dapat mengikat lemak dan air, sehingga air terikat oleh bahan dan bahan menjadi basah.

b. Pembasahan kapiler

Misalnya radiasi akan dilakukan pada bahan yang mempunyai struktur berpori-pori, maka makin tinggi tegangan permukaan makin besar daya penetrasi air. Karena itu penambahan surfaktan yang menurunkan tegangan muka akan merugikan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

c. Pembasahan tepung

Pembasahan tepung yang terlalu cepat akan membuat tepung diselubungi oleh cairan dengan menahan udara di dalamnya, sehingga tepung akan menjadi sukar larut. Untuk itu kadang-kadang diperlukan surfaktan yang menurunkan tegangan muka cairan sehingga adsorpsi cairan dalam tepung akan lebih mudah.

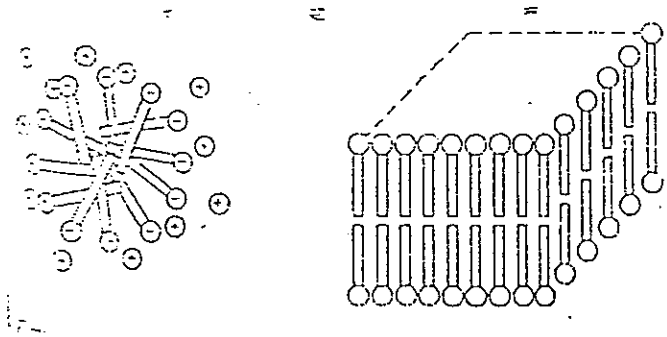
2.2. Misel

2.2.1. Struktur misel

Teori misel telah lama berkembang tetapi masih banyak pertentangan antara para ahli mengenai bentuk dari misel. Hartley mengemukakan bentuk bola[2]. Menurut Hartley, misel adalah tetesan cairan yang berada dalam dimensi koloid dimana gugus yang bermuatan terletak pada permukaan. Mc bain yakin bentuk laminer juga ada dan Harkins menganggap kemungkinan misel silindris juga ada.

Teori misel laminer memperkirakan bahwa molekul surfaktan terkumpul dalam bentuk double layer (gb. 2.3), dengan bagian kepala menghadap keluar. Teori misel laminer didukung dengan kenyataan bila berkas sinar x yang monokromatis dilewatkan melalui lapisan tipis dari larutan sabun akan terjadi difraksi. Interpretasi melalui persamaaan Bragg menghasilkan bentuk laminer sesuai dengan yang diharapkan. Umumnya misel bentuk laminer terjadi pada konsentrasi yang lebih tinggi dari konsentrasi kritis misel. Misel-misel tidak dapat dianggap sebagai partikel padat. Harkin menganggap bentuk silindris juga mungkin ada.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



a. sferik b. laminer

Gb. 2.3 Skema dari struktur misel sferik dan laminer[2]

2.2.2. Konsentrasi kritis misel (CMC)

Keunikan sifat-sifat fisik surfaktan karena terbentuknya misel dapat diterangkan oleh teori arus[2]. Teori arus menggunakan hukum aksi massa pada kesetimbangan antara molekul atau ion yang tidak terasosiasi dalam misel. Jika c adalah konsentrasi stoikiometri dari larutan, x adalah fraksi dari suatu monomer yang beragregasi dan m adalah jumlah satuan monomer tiap misel, maka:

$$mX \rightleftharpoons (X)_m$$

$$c\,(1 - x) \qquad cx/m$$

Hukum aksi massa dirumuskan :

$$K = \frac{cx / m}{[c\,(1 - x)]^m} \qquad \text{.....(2)}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.2.3. Energitika pembentukan misel

Jika K adalah konstanta kesetimbangan di dalam persamaan (2) dan perubahan energi bebas standar, ΔG^0, untuk pembentukan misel dari satu mol surfaktan mempunyai hubungan sebagai berikut:

$$\Delta G^0 = -\frac{RT}{m} \ln K \qquad \text{.....(3)}$$

Kemudian subtitusikan persamaan (2) ke persamaan (3)

$$\Delta G^0 = -\frac{RT}{m} \ln \left(\frac{cx}{m}\right) + RT \ln \left[c(1-x)\right] \qquad \text{.....(4)}$$

Pada cmc x = 0, sehingga:

$$\Delta G^0 = RT \ln (cmc) \qquad \text{.....(5)}$$

Karena $\Delta S^0 = -\frac{d(\Delta G^0)}{dT}$, maka dengan menggunakan persamaan akan (5) diperoleh:

$$\Delta S^0 = -RT \frac{d \ln(cmc)}{dT} - R \ln (cmc) \qquad \text{.....(6)}$$

dan

$$\Delta H^0 = \Delta G^0 + T\Delta S^0$$

$$\Delta H^0 = -RT^2 \frac{d \ln (cmc)}{dT} \qquad \text{.....(7)}$$

Secara umum, proses pembentukan misel adalah proses eksotermis dan cmc naik dengan naiknya temperatur.

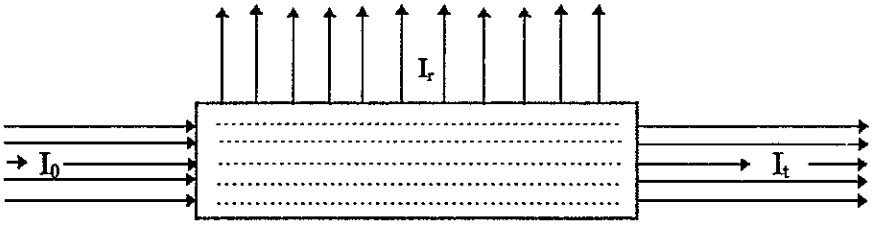
2.3. Turbidimetri

Turbidimetri adalah analisa kimia berdasarkan pengukuran intensitas sinar yang melemah, ketika seberkas sinar dilewatkan pada suatu larutan yang mengandung

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

partikel-partikel tersuspensi. Berkurangnya intensitas sinar disebabkan oleh absorbsi dan hamburan sinar[4].

Peristiwa hamburan dan absorbsi sinar oleh larutan keruh dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini:



Gb. 2.4 Hamburan dan absorbsi sinar oleh larutan keruh.[4]

dengan: I_o = Instensitas sinar mula-mula

I_t = Intensitas sinar yang diteruskan

I_r = Intensitas sinar yang dihamburkan

Perubahan intensitas dI dari suatu berkas sinar berbanding lurus dengan dx[4], jadi:

$$dI = -\mu\, dx$$

$$dI = \int_{I_0}^{I_t} \frac{dI}{I} = -\mu \int_0^x dx$$

$$\ln \frac{I_t}{I_o} = -\mu x \qquad \text{.....(8)}$$

$$I_t = I_0 e^{-\mu x} \qquad \text{.....(9)}$$

dengan μ = koefisien pelemahan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Bilamana pelemahan disebabkan semata-mata oleh absorbsi, maka μ adalah koefisien absorbsi. Kalau pelemahan itu adalah akibat hamburan, pantulan, biasan, absorbsi pada butir-butir padat dalam suatu larutan, maka μ dinamakan turbiditas dan ditunjukan dengan τ, sehingga:

$$I_t = I_0 e^{-\tau x} \qquad \text{.....(10)}$$

$$\ln \frac{I_t}{I_0} = -\tau x \qquad \text{.....11)}$$

Turbiditas (τ) didefinisikan sebagai logaritma dalam fraksi intensitas sinar menerus yang susut oleh lapisan larutan koloid setebal satu satuan[5].

Di dalam analisa turbidimetri, intensitas yang diteruskan (I_t) dapat ditentukan dari persamaan:

$$\log \frac{I_0}{I_t} = k \frac{c\,l\,d^3}{d^4 + \alpha\lambda^4} \qquad \text{.....(12)}$$

dengan: c = konsentrasi larutan (mol/Lt.)

l = ketebalan (m)

d = diameter rata-rata partikel terabsorpsi (m)

k dan α = konstanta yang tergantung pada sifat suspensi dan metode pengukuran

λ = panjang gelombang (A°)

Jika harga d, λ, α dan k konstan didapat:

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$\log \frac{I_0}{I_t} = klc \qquad \text{.....} (13)$$

Karena itu persamaan dasar turbidimetri mirip dengan persaman Bouguer-Lambert Beer:

$$I_t = I_0 10^{-klc} \qquad \text{.....} (14)$$

dengan k = koefisien kekeruhan molar larutan[5]

Jika persamaan (11) disubstitusikan dengan persamaan (13), maka akan didapat:

$$\tau = \log \frac{I_0}{I_t} = k' \ lc \qquad \text{.....} (15)$$

dengan: τ = turbiditas (NTU)

l = tebal cuvet (cm)

c = konsentrasi (g/L)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)