

 **LABORATORIUM KIMIA FISIKA**
Jurusan Kimia - FMIPA
Universitas Gadjah Mada (UGM)

KIMIA ZAT PADAT

Larutan Padatan

Drs. Iqmal Tahir, M.Si.

Laboratorium Kimia Fisika, Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Yogyakarta, 55281

Tel : 0857 868 77886 047; Fax : 0274-545188
Email : iqmal@ugm.ac.id atau iqmal.tahir@yahoo.com


Website :
<http://iqmal.staff.ugm.ac.id>
<http://iqmaltahir.wordpress.com>

Larutan padatan

Adalah hal yang tidak mungkin untuk memperoleh suatu kristal murni yang hanya terdiri dari satu jenis unsur saja. Pada kebanyakan kasus selalu dijumpai adanya pengotor atau dalam bentuk campuran. Cacat tidak selalu bersifat merugikan dan bahkan ada juga cacat kristal yang sengaja dibuat. Pada alloy, pengotor sengaja ditambahkan untuk memberikan karakteristik khusus untuk materi yang secara struktural akan berakibat cacat kristal.

Sebagai contoh :

- Perak murni sangat tahan korosi, tetapi juga sangat lembut. Alloy perak Sterling dengan komposisi : 92.5% perak% paduan tembaga akan menghasilkan bahan yang secara signifikan memiliki kekuatan mekanik lebih tinggi dan tanpa depresiasi ketahanan korosi lumayan.
- Pada kuningan, yang asalnya merupakan logam tembaga dan ditambahkan 30 % seng, maka akan mengubah sifat logam menjadi lebih kuat daripada tembaga murni.
- Beberapa komponen mikroelektronik dalam IC pada komputer, kalkulator, dan peralatan elektronik lain dapat berfungsi karena ada sifat semikonduktor suatu unsur yang ditambahkan dalam jumlah sangat kecil pada rangkaian elektroniknya.

 **LABORATORIUM KIMIA FISIKA**
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM


Larutan padatan

Penambahan atom pengotor pada suatu logam akan dapat menghasilkan formasi larutan padatan dengan fasa yang berbeda tergantung dari :

- Jenis pengotor,
- Konsentrasi pengotor
- Temperatur matriks.

Istilah pada larutan padatan:

- "Solvent" / pelarut: unsur atau senyawa yang berada dalam jumlah yang lebih besar. Atom pelarut juga sering disebut sebagai atom tuan rumah (*host atoms*).
- "Solute" / zat terlarut : unsur atau senyawa yang berada dalam jumlah lebih sedikit.

 **LABORATORIUM KIMIA FISIKA**
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Kerusakan pada larutan padat

Kerusakan titik akibat pengotor dapat dijumpai pada larutan padatan berupa dua jenis, yaitu

- Substitutional**
- Interstitial.**



Figure 4.2 Two-dimensional schematic representations of substitutional and interstitial impurity atoms.


 **LABORATORIUM KIMIA FISIKA**
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Kerusakan substitutional

Derajat kerusakan akan ditentukan dari faktor-faktor :

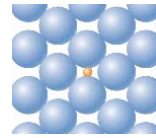
- Ukuran atom.**
Kuantitas zat terlarut yang dapat diterima pada kerusakan jenis ini hanya jika ukuran jari-jari atom yang relatif tidak jauh berbeda. Jika ukuran atom pengotor berbeda jauh akan menghasilkan dua fase padatan baru.
- Struktur kristal.**
Untuk dapat saling bercampur maka struktur kristal dari atom-atomnya haruslah sama.
- Elektronegativitas.**
Apabila perbedaan elektronegativitas sangat tinggi maka larutan padat tidak akan terbentuk. Jadi jika atom satu semakin elektropositif dan yang lainnya semakin elektronegatif maka relatif akan membentuk senyawa intermetalik.
- Valensi.**
Seperti halnya faktor lainnya, logam akan memiliki kecenderungan melarutkan logam lain yang memiliki valensi lebih tinggi.

Contoh: tembaga dan nikel.
Dua unsur ini dapat saling bercampur sempurna pada seluruh komposisi. Jari-jari atom untuk tembaga dan nikel relatif mirip yakni 0.128 dan 0.125 nm. Keduanya memiliki struktur kristal FCC. Harga elektronegativitasnya adalah 1.9 dan 1.8. Valensi dari tembaga terutama +1 (meskipun dijumpai +2) sedangkan nikel adalah +2.

 **LABORATORIUM KIMIA FISIKA**
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM


Kerusakan interstitial

Untuk kerusakan interstitial, atom pengotor akan mengisi ruang di antara atom inang (voids or interstices among the host atoms).

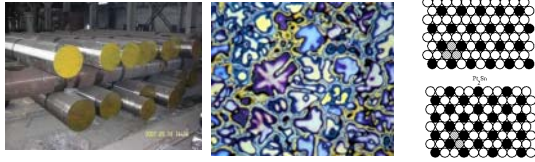


Pada padatan logam yang memiliki derajat pengepakan atom yang tinggi, posisi interstitial menjadi relatif kecil. Konsekuensinya adalah diameter atom pengotor haruslah lebih kecil daripada atom inang. Secara normal, jumlah konsentrasi atom pengotor interstitial yang dimungkinkan adalah kecil (kurang dari 10%).

Contoh :
Atom karbon membentuk kerusakan interstitial jika ditambahkan ke dalam besi. Konsentrasi karbon yang boleh ditambahkan maksimum adalah 2 %. Jari-jari atom karbon lebih kecil dari pada atom besi yakni 0.071 nm dibandingkan 0.124 nm.

 **LABORATORIUM KIMIA FISIKA**
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Spesifikasi komposisi



Pada larutan padatan sering digunakan komposisi suatu campuran dalam bentuk unsur-unsurnya.

Ada dua komposisi yang sering digunakan yakni

1. Persentase berat
2. Persentase atom

Perhitungan persen berat (untuk alloy dua komponen)

Dasar perhitungan persen berat (% b/b) adalah berat unsur partikular dibagi dengan berat total campuran alloy. Untuk alloy dua komponen maka :

$$C_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times 100$$

Dimana m_1 dan m_2 masing-masing merupakan berat unsur 1 dan unsur 2.

dasar perhitungan persen atom (% at) ditentukan dari jumlah mol unsur partikular dibagi dengan jumlah mol total.

Jumlah mol diperoleh dari :

$$n_{m1} = \frac{m'_1}{A_1}$$

m'_1 = massa unsur 1 (grams) element 1.
 A_1 = massa atom unsur 1.

Konsentrasi dalam ukuran persen atom unsur 1 dihitung dengan:

$$C'_1 = \frac{n_{m1}}{n_{m1} + n_{m2}} \times 100$$

Konversi komposisi untuk tiap komponen

Conversion of weight percent to atom percent (for a two-element alloy)

$$C_1' = \frac{C_1 A_2}{C_1 A_2 + C_2 A_1} \times 100$$

$$C_2' = \frac{C_2 A_1}{C_1 A_2 + C_2 A_1} \times 100$$

Note :
 C_1 and C_2 : weight percents
 C_1' and C_2' : atom percents
 A_1 and A_2 : atomic weight

Conversion of atom percent to weight percent (for a two-element alloy)

$$C_1 = \frac{C_1' A_1}{C_1' A_1 + C_2' A_2} \times 100$$

$$C_2 = \frac{C_2' A_2}{C_1' A_1 + C_2' A_2} \times 100$$

Conversion of weight percent to mass per unit volume (for a two-element alloy)

$$C_1'' = \left(\frac{C_1}{\rho_1} + \frac{C_2}{\rho_2} \right) \times 10^3$$

$$C_2'' = \left(\frac{C_2}{\rho_1} + \frac{C_2}{\rho_2} \right) \times 10^3$$

Note :
 ρ_1 and ρ_2 : density in units of g/cm³.
 C_1'' and C_2'' : yield in kg/m³

Konversi komposisi untuk campuran

Computation of density (for a two-element metal alloy)

$$\rho_{ave} = \frac{100}{\frac{C_1}{\rho_1} + \frac{C_2}{\rho_2}}$$

$$\rho_{ave} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2}{\frac{C_1 A_1}{\rho_1} + \frac{C_2 A_2}{\rho_2}}$$

Note :
 ρ_{ave} : density of alloy.
 A_{ave} : atomic weight

Computation of atomic weight (for a two-element metal alloy)

$$A_{ave} = \frac{100}{\frac{C_1}{A_1} + \frac{C_2}{A_2}}$$

$$A_{ave} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2}{100}$$

Latihan

Jabarkan persamaan :

$$C_1' = \frac{C_1 A_2}{C_1 A_2 + C_2 A_1} \times 100$$

Solution
To simplify this derivation, we will assume that masses are expressed in units of grams, and denoted with a prime (e.g., m'_1). Furthermore, the total alloy mass (in grams) M' is

$$M' = m'_1 + m'_2$$

Using the definition of C_1 (Equation 4.5) and incorporating the expression for n_{m1} , Equation 4.4, and the analogous expression for n_{m2} yields

$$C_1 = \frac{n_{m1}}{n_{m1} + n_{m2}} \times 100$$

$$= \frac{\frac{m'_1}{A_1}}{\frac{m'_1}{A_1} + \frac{m'_2}{A_2}} \times 100$$

Rearrangement of the mass-in-grams equivalent of Equation 4.3 leads to

$$m'_1 = \frac{C_1 M'}{100}$$

Substitution of this expression and its m'_2 equivalent into Equation 4.13 gives

$$C_1 = \frac{\frac{C_1 M'}{100 A_1}}{\frac{C_1 M'}{100 A_1} + \frac{C_2 M'}{100 A_2}} \times 100$$

Upon simplification we have

$$C_1 = \frac{C_1 A_2}{C_1 A_2 + C_2 A_1} \times 100$$

Latihan

Composition Conversion—From Weight Percent to Atom Percent

Determine the composition, in atom percent, of an alloy that consists of 97 wt% aluminum and 3 wt% copper.

Solution

If we denote the respective weight percent compositions as $C_{Al} = 97$ and $C_{Cu} = 3$, substitution into Equations 4.6a and 4.6b yields

$$C'_{Al} = \frac{C_{Al} A_{Cu}}{C_{Al} A_{Cu} + C_{Cu} A_{Al}} \times 100$$

$$= \frac{(97)(63.55 \text{ g/mol})}{(97)(63.55 \text{ g/mol}) + (3)(26.98 \text{ g/mol})} \times 100$$

$$= 98.7 \text{ at\%}$$

and

$$C'_{Cu} = \frac{C_{Cu} A_{Al}}{C_{Cu} A_{Al} + C_{Al} A_{Cu}} \times 100$$

$$= \frac{(3)(26.98 \text{ g/mol})}{(3)(26.98 \text{ g/mol}) + (97)(63.55 \text{ g/mol})} \times 100$$

$$= 1.30 \text{ at\%}$$

Istilah zat terlarut

- Pengotor (Impurities) adalah unsur yang ada dalam bahan yang berbeda dari rumus kimia struktur kristal.
- Dopant adalah pengotor yang ditambahkan secara sengaja dalam pembuatan alloy atau komposit yang mampu memberi perubahan sifat.
- Dopan isovalent : spesies pengganti yang memiliki muatan sama.
 $\text{NaCl}:\text{AgCl} \rightarrow \text{Na}_{1-x}\text{Ag}_x\text{Cl}$ (alloy pada situs kation)
 $\text{AgBr}:\text{AgCl} \rightarrow \text{AgBr}_{1-x}\text{Cl}_x$ (alloy pada situs anion)
- Dopan aleovalent : spesies pengganti yang memiliki muatan berbeda.
 $\text{NaCl}:\text{CaCl}_2$ dapat ditulis sebagai $\text{Na}_{1-2x}\text{Ca}_x\text{Cl}_x\text{Cl}$
 atau $\text{Na}_{1-x}\text{Ca}_x\text{ClCl}_x$

