

2. WATER TREATMENT

2.1 PENDAHULUAN

Air adalah salah satu bahan pokok (komoditas) yang paling melimpah di alam tetapi juga salah satu yang paling sering disalahgunakan. Sebagaimana diketahui bahwa bumi merupakan planet biru dan sekitar 4/5 dari permukaannya ditutupi air. Sekitar 97% dari air di bumi berada di lautan. Air laut kandungan garamnya sangat tinggi, sehingga kurang baik jika digunakan untuk air minum maupun pertanian atau proses industri. Saat ini diperkirakan hanya sekitar 0,3% dari sumber-sumber air di bumi yang dimanfaatkan oleh manusia untuk kebutuhan hidup, pertanian, dan proses industri. Lalu dikembangkan teknologi untuk memanfaatkan air dari lautan dan gunung es (*icebergs*).

2.2 SUMBER-SUMBER AIR

Air sangat dibutuhkan untuk keperluan pertanian, industri, dan kebutuhan hidup manusia. Untuk keperluan industri, air alami dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Air permukaan
 - a. air yang mengalir, contoh *stream* dan air sungai (*Moorland surface drainage*)
 - b. air diam, contoh danau, waduk, dan kolam (*Lowland surface drainage*)
2. Air bawah tanah
 - a. air sumur
 - b. air di pertambangan
3. Air hujan
4. Air muara/kuala (*estuarine*) dan air laut

Untuk keperluan industri, tidak mungkin menggunakan air hujan dan air laut secara langsung. Air hujan sifatnya musiman dan butuh biaya tinggi untuk mengumpulkannya. Air laut maupun muara kandungan garamnya tinggi. Tiga sumber air yang banyak digunakan di industri adalah:

1. Moorland surface drainage
2. Lowland surface drainage
3. Air sumur

Tabel 2.1 Sifat-sifat penting beberapa jenis air yang digunakan di industri

No.	Tipe Air	Unsur pokok dan konsentrasinya (ppm)	pH	Silika (ppm)	Larutan zat padat (ppm)	Tingkat kekerasan CaCO ₃ (ppm)		
						alkaline	non-alkaline	Total
1	Moorland surface drainage	Na ⁺ — 8 Ca ²⁺ — 7 Mg ²⁺ — 6 HCO ₃ ⁻ — 15 Cl ⁻ — 10 SO ₄ ²⁻ — 31 NO ₃ ⁻ — sedikit	6.7	8	77	12	30	42
2	Lowland surface drainage	Na ⁺ — 25 Ca ²⁺ — 63 Mg ²⁺ — 18 HCO ₃ ⁻ — 160 Cl ⁻ — 43 SO ₄ ²⁻ — 80 NO ₃ ⁻ — 15	7.5	10	333	130	100	230
3	Air sumur	Na ⁺ — 74 Ca ²⁺ — 48 Mg ²⁺ — 20 HCO ₃ ⁻ — 350 Cl ⁻ — 48 SO ₄ ²⁻ — 10 NO ₃ ⁻ — sedikit	7.0	15	388	203	0	203

2.2.1 Moorland Surface Drainage

Air yang berasal dari sumber ini biasanya mempunyai komposisi yang relatif konstan. Air dari sumber ini umumnya bersih dan berwarna kecoklatan. Tingkat keasaman air ini relatif rendah yang disebabkan kehadiran larutan karbon dioksida dan asam organik ringan, yang dapat mengakibatkan korosi. Akan tetapi kandungan logam (*hardness*) dari air jenis ini rendah, yang dapat mengakibatkan pembentukan kerak pada boiler kecuali kalau dilakukan perawatan (*treatment*) sebelum digunakan. Jenis air moorland surface drainage mengandung bakteri besi yang harus dihilangkan menggunakan klorinasi untuk mencegah endapan dalam saluran pipa. Jenis air ini mempunyai kecenderungan sifat berupa larutan timah dan tembaga. Kenyataan ini harus dipertimbangkan jika air ini digunakan untuk keperluan air minum.

2.2.2 Lowland Surface Drainage

Air yang berasal dari sumber ini mempunyai komposisi yang beragam dari satu tempat ke tempat yang lain. Umumnya air ini tidak berwarna tetapi sedikit mengandung lumpur, yang tidak mudah untuk ditanggulangi kecuali dengan bantuan pengental/pembeku (*coagulant*). Tingkat kandungan logamnya biasanya tinggi dan dapat menyebabkan pembentukan kerak yang serius dalam boiler, ekonomizer, dan cooler, kecuali dilakukan perawatan sebelum menggunakan air tersebut. Bilamana air dipanaskan dalam boiler, maka CO_2 yang dihasilkan dari ion bikarbonat terbang bersama-sama dengan uap dan larus dalam kondensate, membentuk asam karbonat yang bersifat korosif. Air sungai dan kanal dapat terkontaminasi oleh impuritas dan limbah industri, sehingga perlu untuk dirawat (*treatment*) terlebih dahulu sebelum dilunakkan (*softening*).

2.2.3 Air Sumur

Air jenis ini komposisinya relatif konstan, kecuali kalau terkontaminasi oleh lingkungan sekitarnya. Ketika baru diambil, air sumur biasanya tidak berwarna dan bersih. Jenis air ini dapat berkembang menjadi berwarna coklat menyembul ke udara karena kehadiran sejumlah kecil besi ferro, yang dikonversi ke dalam oksida ferro hidrasi. Jejak manganese seperti H_2S juga dapat muncul.

Pada air sumur yang sangat dalam, konsentrasi bikarbonat lebih dari ekuivalen kombinasi konsentrasi ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} sehingga Na_2CO_3 perlu dipertimbangkan keberadaannya. Kandungan logam air jenis ini sepenuhnya kandungan logam alkalin (*alkaline hardness*). Kandungan sulfat pada air jenis ini seringkali rendah.

2.3 JENIS-JENIS IMPURITAS DALAM AIR

Impuritas yang terdapat dalam air alami dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Impuritas berupa larutan, yang terdiri dari
 - a. garam inorganik, contohnya:
kation: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , dan kadang-kadang jejak Zn^{2+} dan Cu^{2+} .

anion: Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^- , dan kadang-kadang F^- dan NO_2^- .

- b. gas, contohnya CO_2 , O_2 , N_2 , oksida N_2 dan kadang-kadang NH_3 dan H_2S .
2. Impuritas berupa *suspended*, yang berupa inorganik contohnya lempung dan pasir, dan organik contohnya tetesan minyak, zat tumbuhan dan hewan.
3. Impuritas berupa koloid, terbagi atas lempung dan silika, hidroksida aluminium, hidroksida ferro, produk limbah organik, asam humic, pewarna, asam amino protein kompleks, yang umumnya diklasifikasikan sebagai amonia albumoid.
4. Impuritas berupa bakterial, yaitu bakteri, dan mikro organisme lainnya dan juga hewan dan tumbuhan.

Berbagai jenis kotoran yang terdapat dalam air alami sangat mempengaruhi sifat-sifat dari air tersebut. Guna keperluan industri, karakteristik dan pengaruh impuritas terhadap kualitas air mencakup beberapa faktor diantaranya:

1. Warna
2. Rasa dan bau
3. Kekeruhan dan endapan
4. Mikroorganisme
5. Zat mineral terlarut yaitu: kandungan logam, alkalinitas, total zat padat, dan korosi.
6. Gas terlarut
7. Kandungan silikon, dan
8. Oksidabilitas.

Kandungan logam (*hardness*) pada awalnya didefinisikan sebagai kapasitas konsumsi sabun (*soap*) dari suatu sampel air. Sabun umumnya terdiri dari garam sodium asam lemak rantai-panjang seperti asam oleic, asam palmetic, dan asam stearic. Kapasitas konsumsi sabun dari air utamanya disebabkan oleh kehadiran ion calcium dan magnesium. Dalam praktek, kandungan logam (*hardness*) dari suatu sampel air biasanya diambil sebagai suatu ukuran dari muatan Ca^{2+} dan Mg^{2+} .

Ketika air dipanaskan, ion bicarbonat terdekomposisi untuk membentuk ion-ion karbonat dan karbon dioksida menjadi bebas. Ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} siap bergabung dengan ion karbonat untuk membentuk endapan CaCO_3 dan MgCO_3 . Kandungan logam (*hardness*) sehingga terbentuknya endapan, dikenal dengan istilah “kandungan logam temporer”, dan kini istilah tersebut digunakan untuk seluruh kandungan logam yang berkenaan dengan kandungan bikarbonat dalam air.

Perbedaan antara kandungan logam temporer dan kandungan logam total disebut sebagai kandungan logam permanen (*permanent hardness*). Hal ini disebabkan kandungan logam tersebut tidak hilang karena proses pemanasan (*boiling*) air. Kandungan logam permanen terdiri dari larutan chlorides, sulfates, dan nitrates dari kalsium dan magnesium. Kandungan logam alkaline adalah kandungan logam yang disebabkan oleh bicarbonates, carbonates, dan hydroxydes dari logam penghasil kekerasan. Kandungan logam ini sering juga disebut “kandungan logam karbonat”. Kandungan logam non-alkaline diperoleh dengan mengurangi kandungan logam total terhadap kandungan logam alkaline. Kandungan logam ini sering disebut sebagai “kandungan logam non-karbonat”.

Satuan-satuan kandungan logam yang biasa digunakan dalam analisis diantaranya:

- Parts per million (ppm)

Satu ppm adalah satu unit bobot solusi per juta unit bobot solusi.

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/liter}$$

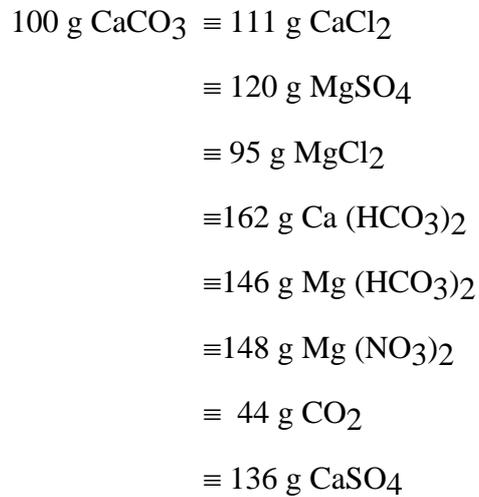
Biasanya menyatakan kekerasan ekuivalen CaCO_3 . Seluruh kandungan logam penyebab ketidakmurnian, pertama-tama dikonversikan sesuai dengan bobot ekuivalen CaCO_3 dan total jumlah yang sama dinyatakan dalam ppm.

$$\text{Ekivalen } \text{CaCO}_3 = \frac{\text{bobot zat} \times 50}{\text{bobot ekuivalen zat kimia}} \dots\dots(2.1)$$

(karena bobot ekuivalen kimia $\text{CaCO}_3 = 50$)

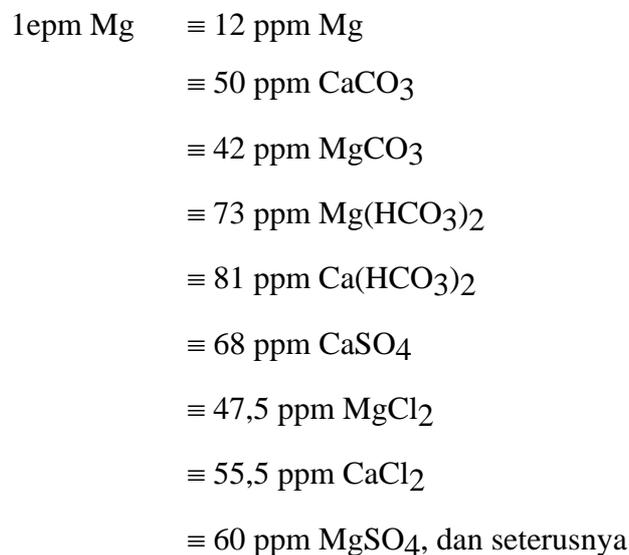
Sebagai contoh, 136 bagian dari bobot CaSO_4 akan bereaksi dengan jumlah sabun yang sama sebanyak 100 bagian dari bobot CaCO_3 (yaitu 2 ekuivalen CaCO_3). Oleh sebab itu, guna mengkonversi bobot CaSO_4 sebagai ekuivalen dari CaCO_3 , maka

bobot CaSO_4 harus dikalikan dengan faktor $100/136$ atau $50/68$. Dengan cara yang sama, maka untuk senyawa yang lain diberikan kesepadannya sebagai berikut:

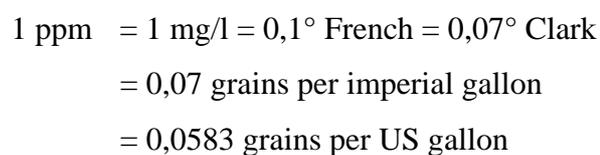


• Equivalentents per million (epm)

Satu epm adalah satu unit bobot ekivalen kimia dari solusi per juta unit bobot solusi. $1 \text{ epm} = 1 \text{ miligram ekivalen per liter}$, dan dalam titrimetry, 1 epm secara konvensional diambil sebagai sama dengan 1 ml dari 1 N solusi per liter. Jadi,



Perlu dicatat bahwa untuk sembarang material larutan, konsentrasi epm sama dengan 50 ppm CaCO_3 .



$$= 0,02 \text{ epm CaCO}_3$$

$$1^\circ \text{ Clark} = 14,3 \text{ ppm} = 1,43^\circ \text{ French}$$

$$= 1 \text{ grain per imperial gallon}$$

$$= 0,833 \text{ grain per US gallon}$$

Air yang mempunyai kandungan logam (*hardness*) kurang dari 150 ppm umumnya diklasifikasikan “baik”, air yang mempunyai kandungan logam (*hardness*) antara 150 hingga 350 ppm umumnya diklasifikasikan “sedang”, dan air yang mempunyai kandungan logam (*hardness*) lebih dari 350 ppm umumnya diklasifikasikan “buruk”.

Dalam mempersiapkan air untuk penggunaan di industri, maka langkah yang sangat penting adalah penjernihan (*softening*), yaitu menghilangkan *hardness*. Jika air dengan kandungan logam yang buruk digunakan dalam pabrik tekstil, pencucian, dan industri lainnya yang melakukan operasi pencucian menggunakan sabun, maka akan dibutuhkan sabun yang sangat banyak dalam operasinya. Beberapa industri seperti kertas, rayon, es, masakan, dan lain-lain membutuhkan air jernih.

Contoh 2.1 Hitung kandungan logam (*hardness*) temporer dan permanen dari suatu sampel air yang mempunyai analisis berikut:

$$\text{Mg (HCO}_3)_2 \text{ — } 73 \text{ mg/l}$$

$$\text{Ca (HCO}_3)_2 \text{ — } 162 \text{ mg/l}$$

$$\text{CaSO}_4 \text{ — } 136 \text{ mg/l}$$

$$\text{MgCl}_2 \text{ — } 95 \text{ mg/l}$$

$$\text{CaCl}_2 \text{ — } 111 \text{ mg/l}$$

$$\text{NaCl — } 100 \text{ mg/l}$$

Jawab:

Garam	Ekivalen CaCO ₃
-------	----------------------------

$$\text{Mg(HCO}_3)_2 \text{ — } 73 \times \frac{100}{146} = 50 \text{ mg/l}$$

$$\text{Ca(HCO}_3)_2 \text{ — } 162 \times \frac{100}{162} = 100 \text{ mg/l}$$

$$\text{CaSO}_4 \quad \text{—} \quad 136 \times \frac{100}{136} = 100 \text{ mg/l}$$

$$\text{MgCl}_2 \quad \text{—} \quad 95 \times \frac{100}{95} = 100 \text{ mg/l}$$

$$\text{CaCl}_2 \quad \text{—} \quad 111 \times \frac{100}{111} = 100 \text{ mg/l}$$

NaCl — Tidak memberikan kontribusi terhadap hardness dan karenanya diabaikan.

$$\begin{aligned} \text{Hardness temporer} &\equiv [\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2] + [\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2] \\ &= 50 \text{ mg/l} + 100 \text{ mg/l} \\ &= 150 \text{ mg/l atau } 150 \text{ ppm} \\ &= 150 \times 0,07^\circ \text{ Clark} \\ &= 10,5^\circ \text{ Clark} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hardness permanen} &\equiv [\text{CaSO}_4] + [\text{MgCl}_2] + [\text{CaCl}_2] \\ &= 100 \text{ mg/l} + 100 \text{ mg/l} + 100 \text{ mg/l} \\ &= 300 \text{ mg/l} \\ &= 300 \times 0,07^\circ \text{ Clark} \\ &= 21^\circ \text{ Clark} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hardness total} &= 150 + 300 = 450 \text{ ppm} \\ &= 450 \times 0,07^\circ \text{ Clark} \\ &= 31,5^\circ \text{ Clark} \end{aligned}$$

Metode alternatif dalam perhitungan hardness:

Bobot ekuivalen dari garam-garam yang diberikan dalam soal:

$$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \quad \text{—} \quad \frac{146}{2} = 73$$

$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \quad \text{—} \quad \frac{162}{2} = 81$$

$$\text{CaSO}_4 \quad \text{—} \quad \frac{136}{2} = 68$$

$$\text{MgCl}_2 \quad \text{—} \quad \frac{95}{2} = 47,5$$

$$\text{CaCl}_2 \quad \text{—} \quad \frac{111}{2} = 55,5$$

$$\text{CaCO}_3 \quad \text{---} \quad \frac{100}{2} = 50$$

$$\text{Ekivalen per juta, epm} = \frac{\text{bobot dalam ppm atau mg/l}}{\text{bobot ekivalen}}$$

Sekarang,

$$\text{Mg(HCO}_3)_2 \quad \text{---} \quad \frac{73}{73} = 1 \text{ epm}$$

$$\text{Ca(HCO}_3)_2 \quad \text{---} \quad \frac{162}{81} = 2 \text{ epm}$$

$$\text{CaSO}_4 \quad \text{---} \quad \frac{136}{68} = 2 \text{ epm}$$

$$\text{MgCl}_2 \quad \text{---} \quad \frac{95}{47,5} = 2 \text{ epm}$$

$$\text{CaCl}_2 \quad \text{---} \quad \frac{111}{55,5} = 2 \text{ epm}$$

NaCl --- Tidak memberikan kontribusi terhadap hardness dan karenanya diabaikan.

$$\begin{aligned} \text{Hardness temporer} &\equiv 50 \times \{[\text{Mg(HCO}_3)_2] + [\text{Ca(HCO}_3)_2]\} \\ &= 50 \times \{1 + 2\} \\ &= 150 \text{ ppm sebagai CaCO}_3 \\ &= 150 \times 0,07^\circ \text{ Clark} \\ &= 10,5^\circ \text{ Clark} \end{aligned}$$

(karena 1 epm dari masing-masing garam 50 ppm CaCO₃)

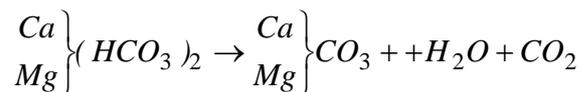
$$\begin{aligned} \text{Hardness permanen} &\equiv 50 \times \{[\text{CaSO}_4] + [\text{MgCl}_2] + [\text{CaCl}_2]\} \\ &= 50 \times \{2 + 2 + 2\} \\ &= 300 \text{ ppm sebagai CaCO}_3 \\ &= 300 \times 0,07^\circ \text{ Clark} \\ &= 21^\circ \text{ Clark} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hardness total} &= \text{hardness temporer} + \text{hardness permanen} \\ &= 150 + 300 = 450 \text{ ppm} \\ &= 450 \times 0,07^\circ \text{ Clark} \\ &= 31,5^\circ \text{ Clark} \end{aligned}$$

2.4 PENJERNIHAN AIR

Konsentrasi impuritas terlarut sebagian besar menentukan tingkat kandungan logam (*hardness*) air. Proses menghilangkan *hardness* yang menyebabkan garam dari air disebut penjernihan air (*softening of water*). Penjernihan air sangat penting dilakukan terutama untuk industri yang bergerak dalam bidang tekstil, londri, kertas, rayon, dan lain-lain. Air yang digunakan untuk pembangkitan uap harus benar-benar jernih untuk meminimalkan persoalan yang dapat ditimbulkan misalnya pembentukan kerak dalam boiler, yang menyebabkan turunnya efisiensi boiler dan menyebabkan penyempitan pada pipa boiler.

Metode-metode berikut ini umumnya digunakan untuk menjernihkan air. *Hardness* temporer dapat dihilangkan dengan memanaskan air. Gas-gas terlarut seperti CO_2 dan O_2 hilang secara simultan.

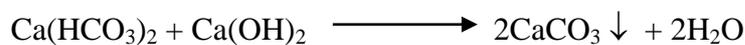


2.4.1 Proses Kapur-Soda

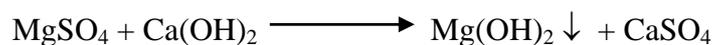
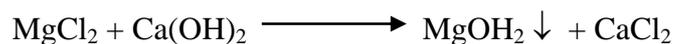
Proses ini merupakan metode yang paling penting dalam penjernihan air secara kimia. Prinsip dasar dalam proses ini adalah secara kimiawi mengubah *hardness* larutan yang menyebabkan impuritas ke dalam endapan tak larut yang dapat dihilangkan dengan menggunakan pengendapan dan penapisan (*filtration*).

Reaksi proses kapur soda dalam penjernihan air dapat diringkaskan sebagai berikut:

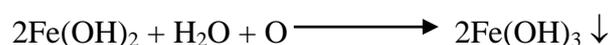
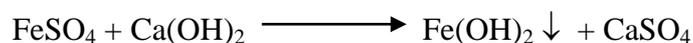
a. kapur menghilangkan *hardness* temporer



b. kapur menghilangkan *hardness* magnesium permanen

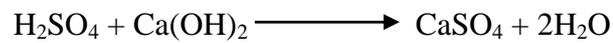


c. kapur menghilangkan larutan garam besi dan aluminium





d. kapur menghilangkan asam mineral bebas



e. kapur menghilangkan larutan CO_2 dan H_2S



f. soda menghilangkan seluruh hardness permanen kalsium dapat larut



Jenis-jenis penjernih kapur-soda cara dingin adalah:

1. Jenis intermiten
2. Jenis konvensional
3. Jenis katalis atau spiraktor
4. Jenis lapisan endapan

Untuk jenis intermiten merupakan proses setumpuk (*batch process*), sedang jenis konvensional, katalis, dan lapisan endapan merupakan proses kontinyu.

Guna menyelesaikan secara numerik jumlah kapur dan soda yang dibutuhkan untuk menjernihkan air, maka dapat dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Satuan impuritas dinyatakan dalam ppm (atau mg/l), grain per gallon (atau derajat Clark), dan lain-lain.
2. Material yang tidak memberikan kontribusi terhadap hardness (misalnya KCl, NaCl, SiO_2 , Na_2SO_4 , Fe_2O_3 , K_2SO_4 , dan lain-lain) harus diabaikan dalam perhitungan kebutuhan kapur dan soda. Kenyataan ini harus secara tegas dinyatakan.
3. Seluruh material yang menyebabkan hardness harus dikonversi ke dalam ekuivalen CaCO_3 , sesuai dengan persamaan (2.1).

Sebagai contoh, 136 bagian dari bobot CaSO_4 akan berisi sejumlah Ca sebanyak 100 bagian dari bobot CaCO_3 . Oleh karenanya dalam rangka mengkonversi bobot CaSO_4 sebagai ekuivalennya dengan CaCO_3 , bobot CaSO_4 harus dikalikan dengan dengan faktor 100/136 atau 50/68.

Faktor konversi beberapa impuritas dalam air diberikan dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor konversi beberapa impuritas

Garam	Faktor pengali untuk mengkonversi ke dalam ekivalen CaCO_3
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	100/162
$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	100/146
CaSO_4	100/136
CaCl_2	100/111
MgSO_4	100/120
MgCl_2	100/95
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	100/148
Ca^{2+}	100/40
Mg^{2+}	100/24
HCO_3^-	100/(61 x 2)
HCl	100/(36,5 x 2)
H_2SO_4	100/98
CO_2	100/44
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	100/(342/3)
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	100/278
CaCO_3	100/100
MgCO_3	100/84
NaAlO_2	100/(82 x 2)

4. Hitung kapur dan soda yang diperlukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kapur (lime) yang diperlukan} = \frac{74}{100} \times \left(\begin{array}{l} \text{Kandungan kalsium temporer} \\ + (2 \times \text{kandungan magnesium temporer}) \\ + \text{Kandungan Magnesium permanen} \\ + \text{CO}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCO}_3^- \\ + (\text{garam Fe}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{dll}) - \text{NaAlO}_2 \end{array} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{Soda yang diperlukan} = \frac{106}{100} \times \left(\begin{array}{l} \text{Kandungan kalsium permanen} \\ + \text{kandungan magnesium permanen} \\ + (\text{garam } Fe^{2+}, Al^{3+}, \text{dll}) \\ HCl + H_2SO_4 - HCO_3^- - NaAlO_2 \end{array} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

5. Jika kapur dan dan soda yang digunakan adalah tidak murni (*impure*), dan jika diberikan % kemurniannya (*purity*), maka kebutuhan aktual bahan kimia tersebut harus disesuaikan. Untuk kebutuhan kapur, jika diberikan kemurnian 90%, maka nilai yang didapatkan dalam persamaan (2.2) harus dikalikan dengan 100/90 untuk mendapatkan kebutuhan kapur yang sebenarnya. Untuk kebutuhan soda, jika diberikan kemurnian 95%, maka nilai yang didapatkan dalam persamaan (2.3) harus dikalikan dengan 100/90 untuk mendapatkan kebutuhan soda yang sebenarnya.

Contoh 2.2 Hitunglah jumlah kapur (kemurnian 84%) dan soda (kemurnian 92%) yang dibutuhkan untuk mengolah 20.000 liter air, yang mempunyai kandungan senyawa-senyawa sebagai berikut:

Ca (HCO ₃) ₂	—	40.5 ppm
Mg (HCO ₃) ₂	—	36.5 ppm
MgSO ₄	—	30.0 ppm
CaSO ₄	—	34.0 ppm
CaCl ₂	—	27.75 ppm
NaCl	—	10.0 ppm

Hitung juga kandungan logam (*hardness*) temporer dan permanen dan sampel air tsb.

Jawab:

Garam		Ekivalen CaCO ₃
Mg(HCO ₃) ₂	—	$36,5 \times \frac{100}{146} = 25 \text{ mg / l}$
Ca(HCO ₃) ₂	—	$40,5 \times \frac{100}{162} = 25 \text{ mg / l}$

MgSO ₄	—	$30 \times \frac{100}{120} = 25 \text{ mg/l}$
CaSO ₄	—	$34 \times \frac{100}{136} = 25 \text{ mg/l}$
CaCl ₂	—	$27,75 \times \frac{100}{111} = 25 \text{ mg/l}$
NaCl	—	Tidak memberikan kontribusi terhadap hardness dan karenanya diabaikan.

$$\begin{aligned}
 \text{Hardness temporer} &\equiv [\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2] + [\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2] \\
 &= 25 \text{ mg/l} + 25 \text{ mg/l} \\
 &= 50 \text{ mg/l atau } 50 \text{ ppm} \\
 &= 50 \times 0,07^\circ \text{ Clark} \\
 &= 3,5^\circ \text{ Clark}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hardness permanen} &\equiv [\text{MgSO}_4] + [\text{CaSO}_4] + [\text{CaCl}_2] \\
 &= 25 \text{ mg/l} + 25 \text{ mg/l} + 25 \text{ mg/l} \\
 &= 75 \text{ mg/l} \\
 &= 75 \times 0,07^\circ \text{ Clark} \\
 &= 5,25^\circ \text{ Clark}
 \end{aligned}$$

Kapur diperlukan untuk Mg(HCO₃)₂, Ca(HCO₃)₂, dan MgSO₄. Soda diperlukan untuk CaSO₄, CaCl₂ dan CaSO₄ yang dihasilkan dari reaksi kapur dengan MgSO₄.

Dengan demikian, kapur dengan kemurnian 84% yang dibutuhkan untuk mengolah 20.000 liter air ialah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{74}{100} [25 + (2 \times 25) + 25] \times \frac{100}{84} \times \frac{20000}{1000} \\
 &= \mathbf{1761,905 \text{ g}} \\
 &= \mathbf{1,7619 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

Soda dengan kemurnian 92% yang dibutuhkan untuk menjernihkan 20.000 liter air ialah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{106}{100} [25 + 25 + 25] \times \frac{100}{92} \times \frac{20000}{1000} \\
 &= \mathbf{1728,26 \text{ g}} \\
 &= \mathbf{1,72826 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

Latihan:

1. Jelaskan pengertian istilah-istilah berikut ini:

- a. *water treatment*.
- b. *hardness*
- c. *hardness* temporer
- d. *hardness* permanen
- e. alkalinitas

2. Suatu sampel air mempunyai hasil laporan analisis sebagai berikut:

MgCO ₃	___	84 mg/l
CaCO ₃	___	40 mg/l
CaCl ₂	___	55.5 mg/l
Mg(NO ₃) ₂	___	37 mg/l
KCl	___	20 mg/l

Hitunglah jumlah kapur (kemurnian 86%) dan soda (kemurnian 83%) yang dibutuhkan untuk mengolah 80.000 liter air, dengan terlebih dahulu menentukan *hardness* temporer dan permanennya.