

DIKTAT

AZAS TEKNIK KIMIA I



Dosen Pengampu : Lisa Adhani, S.T.,M.T

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BHAYANGKARA JAKARTA RAYA

2018

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
BAB I DIMENSI DAN UNIT	1
A. PENGANTAR	1
B. DIMENSI DAN SISTEM UNIT	1
C. BESARAN POKOK	3
D. BESARAN TURUNAN	4
E. LISTRIK	11
F. KONVERSI.....	11
BAB II STOIKIOMETRI	16
A. Konsep Mol	16
1. Massa Atom Relatif (A_r)	16
2. Massa Molekul Relatif (M_r).....	17
3. Mol (n).....	18
4. Massa Molar	18
5. Bobot Ekuivalen	19
B. Stoikiometri	20
1. Hukum-Hukum Dasar Kimia.....	25
2. Padatan.....	30
3. Cairan dan larutan	30
4. Berat Jenis.....	32
5. Gas	35
6. Volum Molar.....	35
BAB III Neraca Massa	42
A. Pendahuluan	42
1. Sistem	42
2. Proses.....	43
3. Aliran.....	44
B. Diagram Alir Proses	47
C. Neraca Massa Tanpa Reaksi Kimia	49

D. Persamaan Neraca Massa.....	50
E. Neraca Massa Dengan Reaksi Kimia.....	53
BAB IV RECYCLING, PARALLEL, AND BYPASSING OPERATION	66
BAB V NERACA MASSA DENGAN ELEKTROKIMIA	76
A. Pengertian Sel Elektrokimia.....	76
B. Penggolongan Elektrokimia dan Peran Jembatan Garam.....	77
C. Potensial Sel Standard dan Konstanta Keseimbangan Reaksi Sel	82
D. Konstanta Keseimbangan Reaksi Sel.....	85
E. Potensial Sel dan ΔG Reaksi Hubungan dengan Reaksi Kimia.....	88
F. Persamaan Nerst.....	89
G. Potensial Reduksi Standar dan Komposisi.....	91
H. Hukum Faraday	95
I. Perbedaan Elektrolisis dengan Elektrokimia	96
J. Reaksi Elektrokimia	96

BAB I DIMENSI DAN UNIT

A. PENGANTAR

Dalam kehidupan sehari-hari, kita pernah berkata bahwa ukuran kereta api itu panjang sekali, atau pohon itu tinggi dan rindang. Ada dilain waktu, teman kita yang bertanya : waktu sekarang menunjukkan pukul berapa? Dari beberapa ungkapan diatas, seperti **panjang** atau tinggi dan **waktu**, merupakan besaran yang dikenal dalam fisika. Dengan demikian definisi besaran dalam fisika dapat ditulis : **Besaran adalah segala sesuatu yang dapat diukur yang memiliki nilai dan satuan.** Besaran ini dinyatakan dalam angka melalui hasil pengukuran. Oleh karena suatu besaran berbeda dengan besaran lainnya, maka ditetapkanlah satuannya untuk tiap besaran. **Contoh** : Besaran panjang satuannya meter. Besaran waktu satuannya detik atau sekon, dan seterusnya. Jadi **Satuan** adalah **sesuatu atau ukuran yang digunakan untuk menyatakan suatu besaran.** Dalam Fisika dikenal dua jenis besaran, yaitu **besaran pokok dan besaran turunan.**

Studi tentang stoikiometri dimulai dengan pemahaman tentang jumlah dasar yang disebut dimensi. Pengetahuan menyeluruh tentang dimensi dan berbagai sistem unit diperlukan untuk tujuan itu. Ini akan memudahkan penggunaan unit yang tepat dan sepi dalam memecahkan masalah stoikiometri. Bab ini membahas metode konversi unit dari satu sistem ke sistem lainnya.

B. DIMENSI DAN SISTEM UNIT

Suatu sistem didefinisikan dengan cara jumlah/besaran tertentu seperti panjang, area tekanan, dan lain-lain. Ini dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu jumlah pokok dan jumlah turunan. Kelompok pertama terdiri dari empat jumlah, yaitu panjang, massa, waktu dan suhu. Ini disebut dimensi dan disimbolkan oleh L, M, θ dan T. Kelompok kedua terdiri dari jumlah yang berasal dari jumlah pokok. Misalnya arca, laju alir, gaya, tekanan, panas, dan sebagainya. Oleh karena itu, kuantitas yang diturunkan dapat diwakili oleh kombinasi dua atau lebih dimensi.

Jumlah pokok diwakili oleh sistem unit sesuai dengan sistem pengukuran. Dalam prakteknya, empat sistem unit, yaitu; FSP, MKS, CGS dan SI, yang sedang digunakan. Sistem FPS, yang dikembangkan di Inggris, didasarkan pada foot (kaki), pound (pon) dan second (detik) sebagai satuan pengukuran untuk panjang, massa dan waktu masing-masing. Namun sudah lama Inggris beralih ke SI (Atau sistem internasional yang dijelaskan di bawah). Di Amerika Serikat, FPS adalah sistem yang berlaku. India mengadopsi sistem MKS pada tahun 1956 dimana meteran, kilogram dan kedua adalah satuan pengukuran panjang, massa, waktu masing-masing. Sistem CGS menggunakan sentimeter, gram dan second sebagai satuan panjang, massa dan waktu masing-masing. Sistem MKS saja, dan begitu, sistem CGS dan MKS digunakan berdampingan, tergantung pada kenyamanan. Misalnya adalah umum untuk mengungkapkan kepadatan g/cm^3 daripada kg/m^3 . SI (sistem internasional) dikembangkan oleh ilmuwan Perancis. Dalam sistem ini, dua bilangan pokok tambahan didefinisikan, yaitu gaya (Newton-N) dan daya (dalam Watt-W). Tiga jumlah pokok lainnya sama dengan sistem MKS. Keuntungan dasar dalam SI adalah bahwa konversi kerja menjadi energi atau sebaliknya menjadi sederhana. Dalam buku ini, terutama sistem MKS akan digunakan untuk memecahkan masalah.

C. BESARAN POKOK

Keempat jumlah dasar yang ditabulasikan di bawah ini:

TABEL Besaran Pokok

Fundamental quantity	Units		Symbolic abbreviations		Dimension
	MKS system	FPS system	MKS system	FPS system	
Length	Metre	Yard	m	yd	<i>L</i>
Mass	Kilogram	Pound	kg	lb	<i>M</i>
Temperature	°Centigrade	°Fahrenheit	°C	°F	<i>T</i>
Time	Second	Second	s	s	<i>θ</i>

Suhu mutlak pada kedua sistem adalah derajat Kelvin (dalam sistem MKS) dan derajat Rankine (dalam sistem FPS)

$$^{\circ}\text{K} = \text{derajat Kelvin} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

$$^{\circ}\text{R} = \text{derajat Rankine} = ^{\circ}\text{F} + 459.67$$

Derajat akan digunakan dalam buku ini untuk mengungkapkan sebuah interval (atau perbedaan) suhu untuk membedakan dari nilai suhu.

Misalnya,

$$60^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C} = 30 \text{ derajat C}$$

$$120^{\circ}\text{F} - 85^{\circ}\text{F} = 35 \text{ derajat F}$$

$$30 \text{ derajat C} = 30 \text{ derajat K}$$

$$35 \text{ derajat F} = 35 \text{ derajat R}$$

Hubungan antara °C dan °F diberikan oleh persamaan berikut:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$\text{Atau, } ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

Juga, derajat F = 1.8 derajat C

D. BESARAN TURUNAN

Ada sejumlah turunan, dan karenanya sulit untuk mencantumkan semuanya. Namun, jumlah yang lebih umum digunakan dalam sistem SI dan MKS/CGS tercantum dalam Tabel 1.2.

Dua hal berikut ini patut disebutkan tentang unit-unit yang disingkat:

- I. Tidak ilmiah untuk menulis "s" pada akhir unit yang disingkat untuk mengekspresikan bentuk jamak. Misalnya 5 sentimeter harus disingkat 5 cm dan tidak seperti 5 cms.
- II. Bila lebih dari satu jenis dimensi muncul penyebut, gunakan tanda kurung. Misalnya, lebih baik menulis unit viskositas absolut sebagai g/(cm.s) daripada g/cm.s.

Beberapa kuantitas turunan akan dibahas panjang lebar.

1. Kekuatan

Definisi gaya mengikuti dari hukum Newton gerak kedua, yang menyatakan bahwa gaya sebanding dengan produk massa dan akselerasi.

$$F \propto M \times a$$

Dari persamaan diatas, jelas bahwa gaya adalah kuantitas yang diturunkan, bisa jadi.

$$F = KM_a$$

Dimana K adalah proporsionalitas konstan. Ada dua cara untuk memilih konstan K . Dalam satu kasus, K dipilih menjadi satu kesatuan (berdimensi) dan unit M dan a yang pasti digunakan dengan pilihan unit dyne dan Newton.

Dyne adalah kekuatan yang bila diterapkan pada tubuh yang memiliki masa satu gram, memberikan percepatan satu cm/s^2 .

Newton adalah gaya yang bila diterapkan pada tubuh yang memiliki masaa satu kilogram, memberikan percepatan satu m/s^2 .

Berdasarkan definisi ini,

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn}$$

Unit serupa dalam sistem FPS di pon yang merupakan kekuatan bila diterapkan pada tubuh yang memiliki massa satu pon, memberikan percepatan satu ft/s^2 .

$$1 \text{ pdl} = 30.48 \times 453.5924 \text{ dyn}$$

Pilihan lain dari konstanta K [Ep.(1.2)] menghasilkan unit kekuatan teknis. Dalam hal ini K adalah tetap pada $1/g_c$. Dan memiliki dimensi yang pasti.

No.	Derived quantity	Units in SI/MKS/CGS system	Abbreviated units	Symbol	Dimension
1.	Area	Square metre	m ²	A(S)	L ²
		Square centimetre	cm ²		L ²
2.	Volume	Cubic metre	m ³	V(v)	L ³
		Cubic centimetre	cm ³		L ³
3.	Capacity	Litre	l	V	L ³
4.	Linear velocity	Metres per second	m/s	u, v, w	Lθ ⁻¹
		Centimetres per second	cm/s		Lθ ⁻¹
5.	Linear acceleration	Centimetres per second	cm/s ²	a	Lθ ⁻²
		per second			
6.	Density	Kilograms per cubic metre	kg/m ³	ρ	ML ⁻³
		Grams per cubic centimetre	g/cm ³		ML ⁻³
		Grams per millilitre	g/ml		ML ⁻³
7.	Specific volume	Cubic metres per kilogram	m ³ /kg	v	L ³ M ⁻¹
		Cubic centimetres per gram	cm ³ /g		L ³ M ⁻¹
8.	Force	Newton	N	F	MLθ ⁻²
		Kilogram force	kgf		MLθ ⁻²
		Dyne	dyn		MLθ ⁻²
		Gram force	gf		MLθ ⁻²
9.	Dynamic or absolute viscosity	Poise	g/(cm. s)	μ	ML ⁻¹ θ ⁻¹
10.	Work/energy	Joule	J	W	ML ² θ ⁻²
		Erg	erg		ML ² θ ⁻²
		Metre kilogram force	m. kgf		ML ² θ ⁻²
		Centimetre gram force	cm. gf		ML ² θ ⁻²
11.	Power	Kilowatt	kW	P	ML ² θ ⁻³
		Watt	W		ML ² θ ⁻³
		Horsepower	HP		ML ² θ ⁻³
		Kilocalorie	kcal		ML ² θ ⁻²
12.	Heat	Calorie	cal	Q	ML ² θ ⁻²
13.	Heat flow rate	Kilocalories per hour	kcal/h	φ	ML ² θ ⁻³
		Calories per second	cal/s		ML ² θ ⁻³
14.	Efficiency	Nil	Nil	η	M ⁰ L ⁰ θ ⁰
15.	Specific/absolute humidity	Kilograms water per kilogram dry air	kg/kg	H, x	M ⁰ L ⁰ θ ⁰
16.	Relative humidity	Nil	Nil	RH, φ	M ⁰ L ⁰ θ ⁰
17.	Saturation ratio	Nil	Nil	φ	M ⁰ L ⁰ θ ⁰
18.	Pressure	Newtons per square metre	N/m ²	P	ML ⁻¹ θ ⁻²
		Kilograms force per square metre	kgf/m ²		ML ⁻¹ θ ⁻²
		Kilograms force per square centimetre	kgf/cm ²		ML ⁻¹ θ ⁻²
19.	Mass flow rate	Kilograms per hour	kg/h	q _m	Mθ ⁻¹
		Grams per second	g/s		Mθ ⁻¹
20.	Volumetric flow rate	Cubic metres per hour	m ³ /h	q _v	L ³ θ ⁻¹
		Cubic centimetres per second	cm ³ /s		L ³ θ ⁻¹
		Litres per minute	l/m		L ³ θ ⁻¹
21.	Specific heat	Kilocalorie per kilogram per degree Centigrade	kcal/(kg. deg C)	C _p	L ² θ ⁻² T ⁻¹
		Calorie per gram per degree Centigrade	cal/(g. deg C)		L ² θ ⁻² T ⁻¹

$$F = 1/g_c Ma$$

$$g_c = 9.80665 \text{ (kg.m)/(kgf.s}^2\text{)}$$

$$= 32.174 \text{ (lb.ft)/(lbf.s}^2\text{)}$$

Dimana g_c disebut faktor konversi hukum Newton. Nilainya 9.80665 $(\text{kg.m})/(\text{kgf.s}^2)$ Sesuai dengan akselerasi karena gravitasi (g) pada permukaan laut rata-rata. Perlu dicatat dengan jelas bahwa meskipun g bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lain, g_c tidak begitu. Keduanya memiliki dimensi yang berbeda. Dalam perhitungan biasa, g/g_c akan diambil sebagai 1.0 kgf/kg .

Unit kekuatan teknis pada sistem MKS dan FPS masing-masing adalah satuan kilogram (kgf) dan satuan pon (lbf). Gaya kilogram adalah gaya yang bila diaplikasikan pada tubuh yang memiliki massa satu kilogram, memberi percepatan 9.80665 m/s^2 . Demikian pula, gaya pon adalah gaya yang bila diterapkan pada tubuh yang memiliki massa satu pon, memberikan percepatan 32.174 ft/s^2 . Gaya menjadi berat saat tubuh bekerja di bawah akselerasi gravitasi (g), *i.e.* $a = g$.

$$\text{Bobot } G = (1/g_c) Mg$$

Meskipun g adalah variabel lokal, nilai g dan g_c dapat dianggap hampir sama dengan satu sama lain.

Oleh karena itu, $G = M$

Dengan demikian, nilai bobot dan massa menjadi hampir sama. Inilah alasan mengapa, dalam bab-bab berikut, istilah massa dan berat digunakan secara sinonim.

Untuk membedakan jarak antara istilah massa (atau berat) dan gaya, kedua unit ini dibedakan dengan menulis "f" pada akhir satuan gaya.

2. Volume

Volume diukur dalam satuan liter (dalam unit MKS) atau galon (dalam satuan FPS). Satu liter adalah volume yang ditempati oleh satu kilogram air murni pada

suhu kerapatan maksimumnya (4°C) dan di bawah tekanan pekat atmosfer normal (760 mmHg.) Inggris UK dan Inggris US satuan galonnya berbeda. Yang pertama (juga disebut galon kekaisaran) didefinisikan sebagai volume yang terisi oleh sejumlah air yang disalurkan yang beratnya 10 lb di udara pada temperatur 62°F dan di bawah tekanan 30 in.Hg.

$$\text{kiloliter (kl)} = 1000 \text{ liter (l)}$$

$$\text{liter} = 1000 \text{ mililitres (ml)}$$

Hubungan satu liter dengan sentimeter kubik (cm^3) adalah sebagai berikut:

$$1 \text{ liter} = 1000.028 \text{ sentimeter kubik (cm}^3\text{)}$$

Namun, dalam prakteknya, hubungan $1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3$ digunakan hanya kira-kira, tapi akan dilanjutkan di bab selanjutnya.

Sebagai alternatif, $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l} = 1 \text{ kl}$

3. Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada satuan luas.

$$P = F/A$$

Unit umum tekanan di unit SI, MKS, dan FPS adalah N / m^2 , kgf / cm^2 dan lbf / in^2 (umumnya ditulis sebagai psi).

Bila tekanan adalah tekanan gauge, huruf "g" mengikuti unit. Demikian pula, dalam kasus tekanan absolut, huruf "a" mengikuti unit. Secara umum, jika tidak ada huruf yang mengikuti satuan tekanan, ini dianggap sebagai tekanan absolut.

Tekanan absolut = tekanan gauge + tekanan atmosfer

Meskipun tekanan atmosfer aktual bervariasi dari satu tempat. pada permukaan laut rata-rata $1.033 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ ditetapkan dengan istilah "atm" dan "pada" secara keseluruhan.

Dengan demikian, $1 \text{ atm} = 1,033 \text{ at}$

Dalam satuan SI, satuan kekuatan lainnya adalah Bar

$$\begin{aligned} 1 \text{ Bar} &= 10^5 \text{ N/m}^2 \\ &= 1,01972 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Cukup sering, tekanan dinyatakan dalam tekanan kepala.

Tekanan kepala = tekanan absolut / densitas

Tekanan yang lebih umum digunakan adalah kolom air raksa dan air.

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= 760 \text{ mm Hg} \\ &= 10,33 \text{ m H}_2\text{O} \\ 1 \text{ kgf/cm}^2 &= 10 \text{ m H}_2\text{O} \end{aligned}$$

Vakum berarti tekanan sub atmosfer.

Tekanan absolut = tekanan atmosfer - vakum

Vakum biasanya dinyatakan dalam mm Hg (Torr)

4. Kerja, tenaga, dan energi

Pekerjaan didefinisikan sebagai produk dari gaya yang bekerja pada tubuh dan jarak yang ditempuh oleh tubuh.

$$W = F \times L$$

Unit kerja di sistem SI / MKS dan FPS masing-masing m.kgf dan ft.lbs . Energi lagi merupakan entitas fisik yang hadir dalam sistem dalam berbagai bentuk, misalnya mekanis (kerja), elektromagnetik, kimia, termal, dan sebagainya. Salah satu bentuk energi dapat dikonversi menjadi bentuk lain. Unit energi yang biasa digunakan adalah Joule (J) dan erg.

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ (dyn.cm)} = 10^{-1} \text{ J}$$

Daya

didefinisikan sebagai pekerjaan yang dilakukan per satuan waktu

$$\text{Daya } P = W/T$$

$$1 \text{ matrik horsepower} =$$

$$75 \text{ m.kgf/detik.} = 0,7355 \text{ kW}$$

$$1 \text{ british horsepower} = 550$$

$$\text{ft.lbf/detik.} = 0,7457 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

5. Panas

Panas adalah salah satu bentuk energi. Unit dasar panas adalah kalori (cal) dan British Thermal Units (BThU) dalam sistem CGS dan FPS. Kalori adalah panas yang diminta untuk menaikkan suhu satu gram air melalui satu derajat celcius pada satu atmosfer normal.

$$1 \text{ kilokalori (kcal)} = 1000 \text{ kalori (kal)}$$

$$1 \text{ kal} = 4.1868 \text{ J}$$

Unit Thermal Inggris adalah panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperature satu pon air bebas zat besi melalui satu derajat fahrenheit pada satu atmosfer normal.

Unit Panas Celcius (CHU) dalam Temperatur juga digunakan dalam sistem FPS.

$$1 \text{ CHU} = 1,8 \text{ BThU}$$

$$1 \text{ Term} = 10^5 \text{ BthU}$$

E. LISTRIK

Jumlah fundamental dalam sistem listrik adalah arus yang dilambangkan dengan dimensi. Unitnya ampere

Volt (E atau V) adalah satuan gaya gerak listrik atau resistansi beda potensial (R dalam ohm) konduktor didefinisikan sebagai

$$R = E/I$$

Coulomb adalah kuantitas listrik yang diangkut satu detik di setiap penampang sirkit dengan arus satu ampere.

1 faraday = 96580 coulomb

Kuantitas coulomb adalah jumlah penting dalam elektrokimia.

F. KONVERSI

Sering diminta untuk mengkonversi satuan kuantitas tertentu dari satu sistem ke sistem lainnya. Untuk tujuan ini, konversi tercantum dalam tabel 1.3 untuk mengubah unit metrik menjadi unit Inggris.

Dalam tabel ini, faktor konversi yang akurat tercantum. Namun, dalam praktiknya, banyak dari mereka dapat dibulatkan ke desimal yang diinginkan. Misalnya, konversi 1 kg = 2,205 lb dapat diambil dengan akurasi yang cukup.

Contoh 1

Laju aliran volumetrik air dalam pipa berdiameter nominal 80 mm adalah 350 liter per menit (lpm). Mengambil kerapatan air menjadi 1.0 g / cm³, temukan laju alir massa dalam kg / jam.

Solution

$$\begin{aligned} \text{Density: } 1 \text{ g/cc} &= 1 \text{ g/cm}^3 \times \frac{1}{1000} \text{ kg/g} \times \frac{1000}{1} \text{ cm}^3/\text{l} \\ &= 1 \text{ kg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mass flow rate} &= (\text{volumetric flow rate}) \times \text{density} \\ &= 350 \text{ l/min} \times 60 \text{ min/h} \times 1 \text{ kg/l} \\ &= 21000 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Jawaban:

Dalam contoh di atas, perubahan unit harus dicatat dengan hati-hati.

Contoh 2

Tempat tidur yang dikemas digunakan untuk menghilangkan udara lembab yang panas. Kecepatan massa superfisial udara melalui menara adalah $1000 \text{ kg} / (\text{h.m}^2)$.

Ubah velocity menjadi $\text{lb} / (\text{h.ft}^2)$.

Solution

Conversion factors needed are:

$$1 \text{ kg} = 2.205 \text{ lb}$$

$$1 \text{ m}^2 = 10.76 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \therefore 1000 \text{ kg}/(\text{h.m}^2) &= 1000 \text{ kg}/(\text{h.m}^2) \times \frac{2.205}{1} \text{ lb/kg} \times \frac{1}{10.76} \text{ m}^2/\text{ft}^2 \\ &= 205 \text{ lb}/(\text{h.ft}^2) \qquad \text{Answer} \end{aligned}$$

Length	1 km	= 0.62137 miles
	1 m	= 1.09361 yd = 3.28084 ft
	1 cm	= 0.3937 in
Area	1 m ²	= 10.7639 ft ² = 1.19599 yd ²
	1 cm ²	= 0.155 in ²
Volume	1 m ³	= 35.3147 ft ³ = 6.2898 US barrels (liquid)
	1 cm ³	= 0.061024 in ³
Capacity	1 l	= 0.21997 UK gal = 0.264178 US gal = 0.0353157 ft ³
	1 m/s	= 3.28084 ft/s
	1 kg	= 2.20462 lb
Mass	1 t (tonne)	= 1000 kg = 2204.62 lb
	1 g	= 15.4324 gr (grains)
Density	1 g/cm ³	= 62.428 lb/ft ³
Specific volume	1 m ³ /kg	= 16.0185 ft ³ /lb = 99.776 UK gal/lb = 119.832 US gal/lb
	1 kgf	= 2.20462 lbf
	1 Bar	= 14.5032 lbf/in ² = 14.2232 lbf/in ² = 1 mm Hg = 0.03937 in. Hg
Force	1 kgf	= 2.20462 lbf
Pressure	1 kgf/cm ²	= 14.2232 lbf/in ²
	1 Torr	= 1 mm Hg = 0.03937 in. Hg
	1 g/(cm.s)	= 242 lb/(ft.h)
Viscosity	1 m. kgf	= 7.233 ft. lbf = 9.80665 J = 0.0023423 kcal = 0.0092949 BThU = 2.72407 × 10 ⁻⁶ kWh
	1 metric HP	= 0.98632 British HP
	1 (m. kgf)/s	= 7.233 (ft. lbf)/s
	°C	= 5/9(°F-32)
	°F	= 9/5°C + 32
Heat	1 kcal	= 3.96832 BThU
	1 kcal/kg	= 1.8 BThU/lb
	1 W	= 0.85985 kcal/h = 3.41214 BThU/h
Specific heat	1 kcal/(kg.deg C)	= 1 BThU/(lb.deg F)

*Ref. IS:786-1967¹ and SP: 5-1969.² Published with the permission of Indian Standards Institution, New Delhi.

Contoh 3

Aliran melewati bendungan segitiga dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris berikut.

Dimana q = laju alir volumetrik pada ft³ / s,

H = kepala bendung di ft,

G = percepatan lokal karena gravitasi di ft / s²,

ϕ = Malaikat V-notch dengan lempeng horizontal.

Ubah persamaan menjadi satuan metrik.

larutan

Dari tabel 3

$$1 \text{ m} = 3,281 \text{ ft}$$

$$1 \text{ m/s} = 3,281 \text{ ft/s}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35,3147 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ m}^3/\text{s} = 35,3147 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Sekarang, biarkan arus menjadi Q di m^3/s , H menjadi kepala bendung dan m dan g menjadi akselerasi lokal karena gravitasi di m/s^2

$$Q = 35.3147 Q \text{ ft}^3 / \text{s}$$

$$H = 3,281 H \text{ ft}$$

$$G = 3,281 g \text{ ft} / \text{s}^2$$

Memperkenalkan konversi di atas dalam persamaan empirial,

$$35.3147 Q = \frac{0.31 (3.281 H)^{2.5} (3.281 g')^{0.5}}{\tan \phi}$$

$$\text{Simplifying, } Q = \frac{0.3106 (H)^{2.5} \sqrt{g'}}{\tan \phi}$$

EXERCISES

1. in a double-effect evaporator plant, the second effect is maintained under vacuum of 475 mm Hg. Find the absolute pressure prevailing in the effect.

Ans. 4.8 t

2. a storage tank of carbon tetrachloride hold 3000 litres. If the density is 1,6 g/cm³, find the mass in tonnes stored in the tank. Ans. 4.8 t

3. a force equal to 19.6 kgf is applied on a piston having the diameter 5 cm. Find the pressure exerted on the piston in lbf/in². Ans. 14.2 lbf/in²

4. the thickness of a carbon steel pipe is expressed as Schedule number, which is defined as

$$\text{Schedule number} = 1000 \text{ p/s}$$

Where P = internal working pressure (lbf/in²), and

S = allowable stress (lbf/in²).

Is the Schedule number dimensionless?

5. in case of liquids, the local heat transfer coefficient, for long tubes and using bulk-temperature properties, is expressed by the empirical equation,

$$h = 0.023 G^{0.8} k^{0.67} c_p^{0.5} / (D^{0.2} \mu^{0.47})$$

where G = mass velocity of liquids [lb/(ft².s)]

c_p = specific heat [BthU/(lb.deg F)],

D = diameter of tube (ft), and

μ = viscosity of liquid [lb/(ft.s)].

Convert the empirical equation into metric units.

BAB II STOIKIOMETRI

A. Konsep Mol

Mol adalah satuan yang menyatakan jumlah partikel yang terkandung dalam sejumlah zat. Berdasarkan perjanjian, digunakan standar atom karbon-12 (C-12) dengan ketentuan:

Satu mol zat adalah sejumlah partikel yang terkandung dalam suatu zat yang jumlahnya sama dengan banyaknya atom yang terdapat dalam 12 gram C-12.

Dari percobaan yang dilakukan oleh John Lochsmid dan kemudian dibenarkan oleh Avogadro melalui percobaan yang dilakukannya ternyata banyaknya atom karbon yang terdapat dalam 12 gram C-12 adalah $6,02 \times 10^{23}$ butir atom. Bilangan ini selanjutnya disebut bilangan Avogadro atau tetapan avogadro dan diberi lambang L (diambil dari nama Lochsmid).

Jadi, satu mol logam besi mengandung $6,02 \times 10^{23}$ atom besi. 1 mol air mengandung $6,02 \times 10^{23}$ molekul air.

$$\underline{1 \text{ mol zat} = L \text{ partikel} = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul air}}$$

Rumus mol dalam hubungannya dengan bilangan Avogadro adalah

$$\underline{\text{Jumlah mol X (n)} = \frac{\text{jumlah partikel X}}{L}}$$

Contoh:

Tentukan jumlah atom dari 0,02 mol besi.

Jumlah atom besi = Jumlah mol x bilangan Avogadro

$$\begin{aligned} &= 0,02 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} / \text{mol} \\ &= 1,2 \times 10^{22} \end{aligned}$$

1. Massa Atom Relatif (Ar)

Dalam perhitungan kimia tidak digunakan massa absolut tetapi digunakan massa atom relatif (Ar). Massa atom relatif adalah perbandingan massa rata-rata atom suatu unsur terhadap 1/12 massa atom ^{12}C atau 1 sma (satuan massa atom) = $1,66 \times 10^{-24}$ gram.

Contoh :

Ar H = 1,0080 sma dibulatkan 1

Ar C = 12,01 sma dibulatkan 12

Ar N = 14,0067 sma dibulatkan 14

Ar O = 15,9950 sma dibulatkan 16

Daftar massa atom relatif (Ar) dapat dilihat dalam tabel periodik

TABEL PERIODIK UNSUR KIMIA

CATATAN WARNA

(1) Hijau tolar = padat
Orange = gas
Kuning Tua = Cair
Merah jambu = unsur buatan

(2) Didasarkan atas karbon - 12
Tanda () menyatakan isotop paling stabil.

(3) Untuk unsur berfase gas harga tersebut berarti titik didih cairannya.

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

2. Massa Molekul Relatif (Mr)

Massa molekul relatif (Mr) merupakan bilangan yang menyatakan perbandingan massa satu molekul suatu senyawa terhadap 1/12 massa atom ¹²C. Massa molekul relatif (Mr) sama dengan jumlah massa atom relatif (Ar) dari semua atom penyusunnya.

Contoh:

$$Mr H_2O = (2 \times Ar H) + (1 \times Ar O)$$

$$= (2 \times 1) + (16)$$

$$= 18$$

3. Mol (n)

Atom merupakan bagian terkecil yang menyusun suatu unsur, sedangkan molekul merupakan bagian terkecil yang menyusun suatu senyawa. Atom dan molekul selanjutnya disebut partikel elementer. Satuan internasional untuk atom dan molekul adalah mol. Satu mol zat adalah jumlah zat yang mengandung partikel elementer sebanyak bilangan Avogadro (L), yaitu $6,02 \times 10^{23}$. Jumlah mol dinyatakan dengan lambang (n).

$$1 \text{ mol unsur} = 6,02 \times 10^{23} \text{ atom unsur tersebut}$$

$$1 \text{ mol senyawa} = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul senyawa tersebut}$$

$$\text{Sehingga } n = \text{jumlah partikel} / (6,02 \times 10^{23})$$

Sebagai contoh:

$$1 \text{ mol H}_2\text{O} = 1 \times 6,02 \times 10^{23}$$

Berarti dalam 1 mol H₂O terdapat $6,02 \times 10^{23}$

4. Massa Molar

Massa satu mol unsur atau massa satu mol senyawa disebut massa molar. Massa satu mol unsur sama dengan massa atom relatif (Ar) atom tersebut dalam bentuk gram, sedangkan massa satu mol senyawa sama dengan massa molekul relatif (Mr) senyawa tersebut dalam gram.

$$\text{Sehingga: } n \text{ (mol)} = \text{massa (gram)} / \text{Ar atau Mr (gram/mol)}$$

$$\text{Jumlah mol} = \text{massa} / \text{massa molar} = \text{massa} / \text{Mr atau Ar}$$

$$\text{Massa} = \text{mol} \times (\text{Mr atau Ar})$$

Contoh lain pada tabel periodik, kita dapat melihat bahwa satu atom tembaga (Cu) adalah 63,55 sma dan massa satu atom belerang (S) adalah 32,07 sma. Sementara, massa satu oksigen (O) adalah 16,00 sma dan massa satu atom hidrogen (H) adalah 1,008 sma. Dengan demikian massa satu molekul CuSO₄.5H₂O adalah sebagai berikut:

$$\text{Mr CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 1 \times \text{Ar Cu} + 1 \times \text{Ar S} + 4 \times \text{Ar O} + 5 \times \text{Mr H}_2\text{O}$$

$$= 1 \times \text{Ar Cu} + 1 \times \text{Ar S} + 4 \times \text{Ar O} + 5 \times (2 \text{ Ar H} + 1 \times \text{Ar O})$$

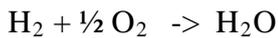
$$= 1 \times 63,55 + 1 \times 32,07 + 4 \times 16,00 + 5 \times (2 \times 1,008 + 16,00)$$

$$= 249,700 \text{ sma}$$

5. Bobot Ekivalen

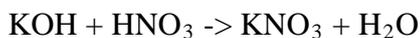
Dalam reaksi kimia, satu unsur berat atau senyawa ekivalen memiliki kekuatan yang sama untuk kombinasi kimiawi sebagai satu bobot setara dari unsur atau senyawa lain. Itu tergantung sepenuhnya pada reaksi di mana molekul berpartisipasi.

Pertimbangkan sebuah reaksi,



Dalam reaksi ini, hidrogen bersifat univalen sedangkan oksigen bersifat divalen. Dua atom hidrogen bergabung dengan satu atom oksigen dari air.

Selanjutnya,



Dalam reaksi ini, satu ekuivalen KOH menggabungkan dengan satu ekuivalen HNO₃ untuk menghasilkan satu ekuivalen KNO₃ dan satu ekuivalen H₂O. Dengan demikian, jelas bahwa reaktivitas molekul dalam reaksi kimia menentukan berat molekul yang setara.

Dalam hal sampel, bobot ekivalen suatu unsur atau senyawa sama dengan berat atom atau berat molekul dibagi dengan valensi. Valensi suatu unsur atau senyawa tergantung satu jumlah ion hidrogen yang diterima atau ion hidrosil yang diledakkan pada masing-masing berat atom atau berat molekul.

Bobot ekivalen = berat molekul / valensi

$$1 \text{ gr ekivalen hidrogen} = 1/1 = 1 \text{ gr hidrogen}$$

$$1 \text{ gr ekivalen oksigen} = 16/2 = 8 \text{ gr oksigen}$$

$$1 \text{ kg ekivalen Cu} = 63,5/2 = 31,75 \text{ kg Cu}$$

$$1 \text{ gr ekivalen H}_3\text{PO}_4 = 1/1 = 1 \text{ gr H}_3\text{PO}_4$$

Contoh:

Temukan bobot ekivalen radikal CO₃ dan Na₂CO₃.

Pembahasan

$$\text{Berat molekul CO}_3 \text{ radikal} = 12 + 3 \times 16 = 60$$

Valensi radikal $\text{CO}_3 = 2$

Setara dengan radikal $\text{CO}_3 = 60/2 = 30$

Berat molekul $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2 \times 23 + 60 = 106$

Valensi $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2$ ekuivalen Na / 1 mol = 2

Berat setara $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106/2 = 53$

B. Stoikiometri

Stoikiometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu dari kata *stoicheion* yang berarti unsur dan metron yang berarti mengukur. Stoikiometri membahas tentang hubungan massa antarunsur dalam suatu senyawa (stoikiometri senyawa) dan antarzat dalam suatu reaksi (stoikiometri reaksi). Pengukuran massa dalam reaksi kimia dimulai oleh **Antoine Laurent Lavoisier** (1743 – 1794) yang menemukan bahwa pada reaksi kimia tidak terjadi perubahan massa (hukum kekekalan massa). Selanjutnya **Joseph Louis Proust** (1754 – 1826) menemukan bahwa unsur-unsur membentuk senyawa dalam perbandingan tertentu (hukum perbandingan tetap).

Selanjutnya dalam rangka menyusun teori atomnya, **John Dalton** menemukan hukum dasar kimia yang ketiga, yang disebut hukum kelipatan perbandingan. Ketiga hukum tersebut merupakan dasar dari teori kimia yang pertama, yaitu teori atom yang dikemukakan oleh John Dalton sekitar tahun 1803. Menurut Dalton, setiap materi terdiri atas atom, unsur terdiri atas atom sejenis, sedangkan senyawa terdiri dari atom-atom yang berbeda dalam perbandingan tertentu. Namun demikian, Dalton belum dapat menentukan perbandingan atom – atom dalam senyawa (rumus kimia zat). Penetapan rumus kimia zat dapat dilakukan berkat penemuan **Gay Lussac** dan **Avogadro**. Setelah rumus kimia senyawa dapat ditentukan, maka perbandingan massa antaratom (*Ar*) maupun antarmolekul (*Mr*) dapat ditentukan. Pengetahuan tentang massa atom relatif dan rumus kimia senyawa merupakan dasar dari perhitungan kimia.

Tata Nama Senyawa Sederhana

1. Tata Nama Senyawa Molekul (Kovalen) Biner

Senyawa biner adalah senyawa yang hanya terdiri dari dua jenis unsur.

Contoh : air (H_2O), amonia (NH_3)

a) Rumus Senyawa

Unsur yang terdapat lebih dahulu dalam urutan berikut, ditulis di depan.

B-Si-C-Sb-As-P-N-H-Te-Se-S-I-Br-Cl-O-F

Contoh :

Rumus kimia amonia lazim ditulis sebagai NH_3 bukan H_3N dan rumus kimia air lazim ditulis sebagai H_2O bukan OH_2 .

b) Nama Senyawa

Nama senyawa biner dari dua jenis unsur non logam adalah rangkaian nama kedua jenis unsur tersebut dengan akhiran -ida (ditambahkan pada unsur yang kedua).

Contoh :

- HCl = hidrogen klorida
- H_2S = hidrogen sulfida

Catatan :

Jika pasangan unsur yang bersenyawa membentuk lebih dari sejenis senyawa, maka senyawa-senyawa yang terbentuk dibedakan dengan menyebutkan angka indeks dalam bahasa Yunani.

1 = mono 2 = di 3 = tri 4 = tetra

5 = penta 6 = heksa 7 = hepta 8 = okta

9 = nona 10 = deka

Angka indeks satu tidak perlu disebutkan, kecuali untuk nama senyawa karbon monoksida.

Contoh :

- CO = karbon monoksida (awalan mono untuk C tidak perlu)
- CO_2 = karbon dioksida
- N_2O = dinitrogen oksida
- NO = nitrogen oksida

- N_2O_3 = dinitrogen trioksida
- N_2O_4 = dinitrogen tetraoksida
- N_2O_5 = dinitrogen pentaoksida
- CS_2 = karbon disulfida
- CCl_4 = karbon tetraklorida

c) Senyawa yang sudah umum dikenal, tidak perlu mengikuti aturan di atas.

Contoh :

- H_2O = air
- NH_3 = amonia
- CH_4 = metana

2. Tata Nama Senyawa Ion

Kation = ion bermuatan positif (ion logam)

Anion = ion bermuatan negatif (ion non logam atau ion poliatom)

a) Rumus Senyawa

Unsur logam ditulis di depan.

Contoh :

rumus kimia natrium klorida ditulis NaCl bukan ClNa.

Rumus senyawa ion:



Rumus senyawa ion ditentukan oleh perbandingan muatan kation dan anionnya.

Kation dan anion diberi indeks sedemikian rupa sehingga senyawa bersifat netral (jumlah muatan positif = jumlah muatan negatif).

b) Nama Senyawa

Nama senyawa ion adalah rangkaian nama kation (di depan) dan nama anionnya (di belakang); sedangkan angka indeks tidak disebutkan.

Contoh :

- NaCl = natrium klorida

- CaCl_2 = kalsium klorida
- Na_2SO_4 = natrium sulfat
- $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ = aluminium nitrat

Catatan :

Jika unsur logam mempunyai lebih dari sejenis bilangan oksidasi, maka senyawa-senyawanya dibedakan dengan menuliskan bilangan oksidasinya (ditulis dalam tanda kurung dengan angka Romawi di belakang nama unsur logam itu).

Contoh :

- Cu_2O = tembaga(I) oksida
- CuO = tembaga(II) oksida
- FeCl_2 = besi(II) klorida
- FeCl_3 = besi(III) klorida
- Fe_2S_3 = besi(III) sulfida
- SnO = timah(II) oksida
- SnO_2 = timah(IV) oksida

3. Tata Nama Senyawa Terner

Senyawa terner sederhana meliputi : asam, basa dan garam.

Reaksi antara asam dengan basa menghasilkan garam.

a) Tata Nama Asam.

Asam adalah senyawa hidrogen yang di dalam air mempunyai rasa masam.

Rumus asam terdiri atas atom H (di depan, dianggap sebagai ion H^+) dan suatu anion yang disebut *sisa asam* .

Catatan : perlu diingat bahwa asam adalah senyawa molekul, bukan senyawa ion.

Nama anion sisa asam = nama asam yang bersangkutan tanpa kata asam.

Contoh : H_3PO_4

Nama asam = asam fosfat

Rumus sisa asam = PO_4^{3-} (fosfat)

b) Tata Nama Basa.

Basa adalah zat yang jika di dalam air dapat menghasilkan ion OH⁻

Pada umumnya, basa adalah senyawa ion yang terdiri dari kation logam dan anion

Nama basa = nama kationnya yang diikuti kata *hidroksida* .

Contoh : NaOH

Nama Basa = Natrium hidroksida

Rumus sisa basa = OH⁻

c) Tata Nama Garam.

Garam adalah senyawa ion yang terdiri dari *kation basa* dan *anion sisa asam* .

Rumus dan penamaannya = senyawa ion.

Contoh:

- NaNO₂
- Mg₃(PO₄)₂

4. Tata Nama Senyawa Organik

Senyawa organik adalah senyawa-senyawa C dengan sifat-sifat tertentu. Senyawa organik mempunyai tata nama khusus, mempunyai nama lazim atau nama dagang (nama *trivial*).

Contoh:

CH₄ = metana

Persamaan Reaksi

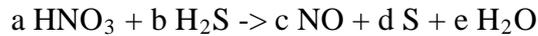
Persamaan Reaksi Mempunyai Sifat

1. Jenis unsur-unsur sebelum dan sesudah reaksi selalu sama
2. Jumlah masing-masing atom sebelum dan sesudah reaksi selalu sama
3. Perbandingan koefisien reaksi menyatakan perbandingan mol (khusus yang berwujud gas perbandingan koefisien juga menyatakan perbandingan volume asalkan suhu dan tekanannya sama)

Contoh: Tentukanlah koefisien reaksi dari



Cara yang termudah untuk menentukan koefisien reaksinya adalah dengan memisalkan koefisiennya masing-masing a, b, c, d dan e sehingga:



Berdasarkan reaksi di atas maka

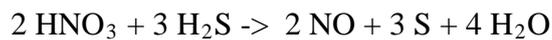
atom N : $a = c$ (sebelum dan sesudah reaksi)

atom O : $3a = c + e \rightarrow 3a \rightarrow a + e \quad e = 2a$

atom H : $a + 2b = 2e = 2(2a) = 4a \quad 2b = 3a \quad b = \frac{3}{2} a$

atom S : $b = d = \frac{3}{2} a$

Maka agar terselesaikan kita ambil sembarang harga misalnya $a = 2$ berarti: $b = d = 3$, dan $e = 4$ sehingga persamaan reaksinya :

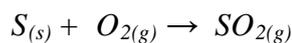


1. Hukum-Hukum Dasar Kimia

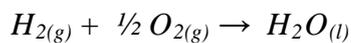
1. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)

“ massa zat sebelum reaksi sama dengan massa zat setelah reaksi”

Contoh :



1 mol S bereaksi dengan 1 mol O_2 membentuk 1 mol SO_2 . 32 gram S bereaksi dengan 32 gram O_2 membentuk 64 gram SO_2 . Massa total reaktan sama dengan massa produk yang dihasilkan.

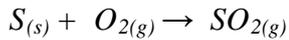


1 mol H_2 bereaksi dengan $\frac{1}{2}$ mol O_2 membentuk 1 mol H_2O . 2 gram H_2 bereaksi dengan 16 gram O_2 membentuk 18 gram H_2O . Massa total reaktan sama dengan massa produk yang terbentuk.

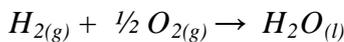
2. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust)

“perbandingan massa unsur-unsur pembentuk senyawa selalu tetap, sekali pun dibuat dengan cara yang berbeda”

Contoh :



Perbandingan massa S terhadap massa O₂ untuk membentuk SO₂ adalah 32 gram S berbanding 32 gram O₂ atau 1 : 1. Hal ini berarti, setiap satu gram S tepat bereaksi dengan satu gram O₂ membentuk 2 gram SO₂. Jika disediakan 50 gram S, dibutuhkan 50 gram O₂ untuk membentuk 100 gram SO₂.



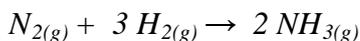
Perbandingan massa H₂ terhadap massa O₂ untuk membentuk H₂O adalah 2 gram H₂ berbanding 16 gram O₂ atau 1 : 8. Hal ini berarti, setiap satu gram H₂ tepat bereaksi dengan 8 gram O₂ membentuk 9 gram H₂O. Jika disediakan 24 gram O₂, dibutuhkan 3 gram H₂ untuk membentuk 27 gram H₂O.

3. Hukum Perbandingan Volume (Hukum Gay Lussac)

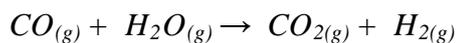
Hanya berlaku pada reaksi kimia yang melibatkan fasa gas

“pada suhu dan tekanan yang sama, perbandingan volume gas pereaksi dengan volume gas hasil reaksi merupakan bilangan bulat dan sederhana (sama dengan perbandingan koefisien reaksinya)”

Contoh :



Perbandingan volume gas sama dengan perbandingan koefisien reaksinya. Hal ini berarti, setiap 1 mL gas N₂ tepat bereaksi dengan 3 mL gas H₂ membentuk 2 mL gas NH₃. Dengan demikian, untuk memperoleh 50 L gas NH₃, dibutuhkan 25 L gas N₂ dan 75 L gas H₂.



Perbandingan volume gas sama dengan perbandingan koefisien reaksinya. Hal ini berarti, setiap 1 mL gas CO tepat bereaksi dengan 1 mL gas H₂O membentuk 1 mL gas CO₂ dan 1 mL gas H₂. Dengan demikian, sebanyak 4 L gas CO membutuhkan 4 L gas H₂O untuk membentuk 4 L gas CO₂ dan 4 L gas H₂.

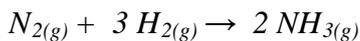
4. Hukum Avogadro

Hanya berlaku pada reaksi kimia yang melibatkan fasa gas

“pada suhu dan tekanan yang sama, gas-gas yang volumenya sama mengandung jumlah mol yang sama”

Hukum Avogadro berkaitan erat dengan Hukum Gay Lussac

Contoh :



Perbandingan mol sama dengan perbandingan koefisien reaksinya. Hal ini berarti, setiap 1 mol gas N_2 tepat bereaksi dengan 3 mol gas H_2 membentuk 2 mol gas NH_3 . Perbandingan volume gas sama dengan perbandingan koefisien reaksinya. Hal ini berarti, setiap 1 L gas N_2 tepat bereaksi dengan 3 L gas H_2 membentuk 2 L gas NH_3 . Dengan demikian, jika pada suhu dan tekanan tertentu, 1 mol gas setara dengan 1 L gas, maka 2 mol gas setara dengan 2 L gas. Dengan kata lain, perbandingan mol gas sama dengan perbandingan volume gas.

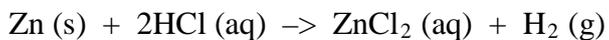
Pereaksi Pembatas

Pereaksi pembatas adalah zat (pereaksi) yang membatasi jumlah produk yang dihasilkan pada suatu reaksi. Dikatakan membatasi jumlah produk yang dihasilkan karena zat tersebut telah habis terlebih dahulu selagi zat yang lain masih ada, padahal keberadaannya sangat diperlukan untuk reaksi selanjutnya (menghasilkan produk). Jadi, pereaksi pembatas adalah pereaksi yang habis terlebih dahulu (pertama kali).

Pereaksi pembatas dapat ditentukan dengan cara membagi jumlah mol setiap pereaksi masing-masing dengan koefisien reaksinya (= kuosien reaksi, Q). Tentu saja dari reaksi yang sudah setara. Pereaksi dengan kuosien reaksi terkecil merupakan pereaksi pembatas. Dengan demikian kalau tersedia beberapa zat pereaksi dengan jumlahnya masing-masing, kita dapat meramalkan zat pereaksi apa yang nantinya habis terlebih dahulu atau zat apa yang tersisa.

Untuk perhitungan selanjutnya, jumlah (mol) pereaksi pembatas dipakai sebagai pembanding/ standarnya. Baik jumlah produk ataupun zat lain yang bereaksi.

Contoh : Sebanyak 6,5 gram logam Zn (Ar Zn = 65) direaksikan dengan 1000 mL larutan HCl 0,16 M. Tentukan jumlah zat yang tersisa dan volume gas H₂ yang dihasilkan (STP). Reaksi yang terjadi :



Jawab :

$$\text{Mol Zn} = 6,5/65 = 0,1 \text{ mol (koefisien reaksi} = 1)$$

$$Q \text{ Zn} = 0,1/1 = 0,1$$

$$\text{Mol HCl} = 1000 \times 0,16 = 160 \text{ mmol} = 0,16 \text{ mol (koefisien reaksi} = 2)$$

$$Q \text{ HCl} = 0,16/2 = 0,08$$

Ternyata $Q \text{ HCl} < Q \text{ Zn}$, sehingga HCl merupakan pereaksi pembatas (pereaksi yang habis lebih dulu).

	Zn (s)	+	2HCl (aq)	→	ZnCl ₂ (aq)	+	H ₂ (g)
Mula2	0,1		0,16		–		–
Reaksi	-0,08		-0,16		+0,08		+0,08
	+						
Akhir	<i>0,02 mol</i>		0		0,08 mol		<i>0,08 mol</i>

Zat yang tersisa Zn = 0,02 mol

$$= (0,02 \times 65) \text{ gram}$$

$$= 1,30 \text{ gram}$$

Gas H₂ yang dihasilkan = 0,08 x 22,4 L

$$= 1,72 \text{ L}$$

Contoh Soal

1. Gas A_2 sebanyak 10 mL tepat habis bereaksi dengan 15 mL gas B_2 membentuk 10 mL gas A_xB_y pada suhu dan tekanan yang sama. Berapakah nilai x dan y?

Penyelesaian :

Perbandingan volume gas A_2 terhadap gas B_2 dan gas A_xB_y adalah 10 mL : 15 mL : 10 mL = 2 : 3 : 2. Perbandingan volume gas sama dengan perbandingan koefisien reaksinya. Dengan demikian, persamaan reaksi menjadi :



Nilai x = 2 dan nilai y = 3.

2. Pada suhu dan tekanan tertentu, sebanyak 0,5 L gas hidrogen (Ar H = 1) memiliki massa sebesar 0,05 gram. Berapakah volume gas oksigen yang dapat dihasilkan jika sebanyak 12,25 gram padatan $KClO_3$ dipanaskan? (Mr $KClO_3$ = 122,5)

Penyelesaian :

$$\text{mol } H_2 = \text{gram} / \text{Mr} = 0,05 / 2 = 0,025 \text{ mol}$$

Persamaan reaksi pemanasan $KClO_3$ adalah sebagai berikut :



$$\text{mol } KClO_3 = \text{gram} / \text{Mr} = 12,25 / 122,5 = 0,1 \text{ mol}$$

$$\text{Dengan demikian, mol } O_2 = (3/2) \times 0,1 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol}$$

Pada suhu dan tekanan yang sama, Hukum Avogadro berlaku pada sistem gas. *Perbandingan mol gas sama dengan perbandingan volume gas.* Dengan demikian :

$$\text{mol } H_2 : \text{mol } O_2 = \text{volume } H_2 : \text{volume } O_2$$

$$0,025 : 0,15 = 0,5 : \text{volume } O_2$$

$$\text{Volume } O_2 = (0,15 \times 0,5) / 0,025 = 3 \text{ L}$$

2. Padatan

Komposisi padatan terutama dinyatakan dalam bobot (wt) persentase (benar-benar berbicara, persentase massa)

Contoh:

Natrium klorida dengan berat 600 gr dicampur dengan 200 gr KCl. Tentukan komposisi campuran dalam berat% dan mol%

Penyelesaian

Dasar: 600 gr NaCl dan 200 gr KCl

Berat NaCl dalam campuran = 600 gr

Berat KCl dalam campuran = 200 gr

Berat total campuran = 600 + 200 = 800 gr

Berat % NaCl = $(600/800) \times 100 = 75$

Berat % KCl = $100 - 75 = 25$

Berat molekul NaCl = $23 + 35,5 = 58,5$

Mol NaCl = $600 / 58,5 = 10,26$ gr mol

Berat molekul KCl = $39 + 35,5 = 74,5$

Mol KCl = $200 / 74,5 = 2,69$ gr mol

Mol total campuran = $10,26 + 2,69 = 12,95$ gr mol

Mol % NaCl = $(10,26 / 12,95) \times 100 = 79,05$

Mol % KCl = $100 - 79,05 = 21,95$

3. Cairan dan larutan

Volume cairan murni biasanya ditentukan. Bersama dengan volume, densitas dan suhu cairan juga ditentukan.

Mengenai solusinya, ada berbagai cara ekspresinya. Larutan berarti zat terlarut dilarutkan dalam pelarut. Zat terlarut bisa padat, cair atau gas. Dalam hal padatan, kelarutan dinyatakan dalam pelarut gr / 100 gr pada suhu tertentu. Ini berarti

bahwa jumlah maksimum padatan yang dapat dilarutkan dalam pelarut sama dengan kelarutannya pada suhu apung. Data kelarutan dapat ditemukan dari berbagai sumber. Berat% dan mol% komponen dinyatakan, yang pertama lebih umum. Selain kedua komponen ini, volume% dari komponen terkadang diberikan.

Satuannya dalam bentuk mg / l atau ppm. Bila solusinya berair

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

Dalam pengolahan air dan masalah pengolahan limbah, analisis diberikan dalam ppm atau mg / l, yang keduanya dianggap sama.

Kemolaran Larutan

Kemolaran adalah suatu cara untuk menyatakan konsentrasi (kepekatan) larutan.

Menyatakan *jumlah mol zat terlarut dalam tiap liter larutan*, atau *jumlah mmol zat terlarut dalam tiap mL larutan* .

$$\text{Dirumuskan : } M = n / V$$

dengan :

M = kemolaran larutan

n = jumlah mol zat terlarut

V = volum larutan

Contoh

1) Larutan asam salisilat jenuh dalam metanol mengandung 64 gr asam salisilat per 100 gr metanol pada 25 C. Carilah (a) komposisi berat% dan (b) mol% larutan

Pembahasan

Dasar: 100 kg metanol

Larutan mengandung 64 kg asam salisilat

$$\text{Berat larutan} = 100 + 64 = 164 \text{ kg}$$

$$\text{Berat \% asam salisilat} = (64/164) \times 100 = 39,03$$

$$\text{Berat \% metanol} = 100 - 39,03 = 60,97$$

Jawaban (a)

$$\text{Berat molekul metanol (CH}_2\text{OH)} = 32$$

$$\text{Berat molekul asam salisilat (HOC}_6\text{H}_4\text{COOH)} = 138$$

$$\text{Mol metanol} = 100/32 = 3,12 \text{ kg mol}$$

$$\text{Mol asam salisilat} = 64/138 = 0,464 \text{ kg mol}$$

$$\text{Total mol} = 3,12 + 0,464 = 3,584 \text{ kg mol}$$

$$\text{Mol \% metanol} = (3,12/3,584) \times 100 = 87,06 \text{ kg mol}$$

$$\text{Mol \% asam salisilat} = 100 - 87,06 = 12,94$$

Jawaban (b)

2) Dengan titrasi, ditemukan bahwa sampel air mengandung alkalinitas setara dengan 500 mg / l (= ppm) CaCO_3 . Dengan mengasumsikan bahwa air mengandung kekerasan sementara dalam bentuk $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dalam air, temukan kandungan air $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Pembahasan

$$\text{Berat molekul } \text{CaCO}_3 = 100$$

$$\text{Valensi } \text{CaCO}_3 = 2$$

$$\text{Berat ekuivalen } \text{CaCO}_3 = 100/2 = 50$$

$$\text{Berat molekul } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 162$$

$$\text{Valensi } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 2$$

$$\text{Berat ekuivalen } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 162/2 = 81$$

$$\text{Isi sebenarnya dari } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \text{ dalam sampe air} = (81/50) \times 500 = 810\text{mg/l}$$

4. Berat Jenis

Sering kali, berat jenis digunakan untuk pengukuran tidak langsung dari konsentrasi larutan berair.

$$\text{Berat jenis (SG)} \ t_1, t_2 = \text{Densitas larutan pada } t_1^\circ\text{C} / \text{densitas air pada } t_2^\circ\text{C}$$

Berbagai hidrometer digunakan di industri untuk mengukur berat jenis larutan. Di antara mereka, berikut skala yang sangat umum digunakan

$$\text{i. } \quad \text{Twaddel } (^\circ\text{Tw}) = 200 (\text{SG}_{15/15} - 1.000)$$

ii. Untuk cairan lebih berat dari air

$$\text{Baume } (^\circ\text{Be}) = 145 - (145 / \text{SG}_{15/15})$$

Untuk cairan lebih ringan dari air

$$\text{Baume } (^\circ\text{Be}) = (140 / \text{SG}_{15/15}) - 130$$

- iii. Untuk produk minyak bumi, American Petroleum Institute (API) telah mengembangkan skala berikut

$$^{\circ}\text{API} = (141,5 / \text{SG}_{15/15} - 131,5)$$

Hubungan Derajat Baume dan Konsentrasi Asam Sulfat

$^{\circ}\text{Bé}$	Specific gravity $\text{SG}_{15/15}$	Weight % H_2SO_4
30	1.2609	34.36
35	1.3182	41.27
40	1.3810	48.10
45	1.4500	55.07
50	1.5263	62.18
55	1.6111	69.65
60	1.7059	77.67
66	1.8354	93.19
66.15	1.8389	94.32

Hubungan Derajat Baume dan Derajat Twaddell dengan Konsentrasi Larutan Soda Kaustik

°Bé	°Tw	Specific gravity SG _{15/15}	Weight % NaOH
3.4	4.8	1.024	2
6.3	9.2	1.046	4
9.1	13.4	1.067	6
12.0	18.0	1.090	8
14.6	22.4	1.112	10
17.1	26.8	1.134	12
19.6	31.2	1.156	14
21.9	35.6	1.178	16
24.3	40.2	1.201	18
26.5	44.8	1.224	20
28.7	49.4	1.247	22
30.8	54.0	1.270	24
32.9	58.6	1.293	26
34.8	63.2	1.316	28
36.7	67.8	1.339	30
38.4	72.0	1.360	32
39.9	76.0	1.380	34
41.5	80.2	1.401	36
43.1	84.6	1.423	38
44.7	89.0	1.445	40
46.0	92.8	1.464	42
47.2	96.6	1.483	44
48.5	100.4	1.502	46
49.7	104.2	1.521	48
50.9	108.2	1.541	50
52.1	112.0	1.560	52

Hubungan Derajat Twaddell dengan Konsentrasi Larutan Natrium Karbonat

°Tw	Specific gravity SG _{15/15}	Weight % Na ₂ CO ₃
1	1.005	0.47
2	1.010	0.95
3	1.015	1.42
4	1.020	1.90
5	1.025	2.38
6	1.030	2.85
7	1.035	3.33
8	1.040	3.80
9	1.045	4.28
10	1.050	4.76
11	1.055	5.23
12	1.060	5.71
13	1.065	6.17
14	1.070	6.64
15	1.075	7.10
20	1.100	9.43
25	1.125	11.76
30	1.150	14.09

5. Gas

Pembobotan langsung gas dikesampingkan dalam praktek. Volume gas dapat diukur dengan mudah, dan dapat diubah menjadi massa dengan pengetahuan tentang densitas gas. Untuk mengetahui kepadatan gas, baik tekanan dan suhu harus diketahui. Berbagai persamaan negara (juga dikenal sebagai hubungan pVT) dapat digunakan untuk tujuan itu.

6. Volum Molar

Volum molar adalah volum satu mol gas. Satu mol gas mengandung $6,02 \times 10^{23}$ molekul. Berarti, setiap gas yang jumlah molekulnya sama, jumlah molnya juga sama.

Sesuai dengan hukum Avogadro, pada temperatur (T) dan tekanan (p) yang sama, semua gas dengan volum (V) yang sama mengandung jumlah mol (n) yang sama.

a. Keadaan pada Temperatur dan Tekanan Standar (STP = Standard Temperature and Pressure)

Senyawa gas memiliki volume yang berubah-ubah. Sifat ini berbeda dengan sifat senyawa padat dan cair. Volume suatu gas bergantung pada suhu, tekanan, dan jumlah zatnya. Volume molar gas adalah volume satu mol gas pada keadaan standar ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 atm). Keadaan standar dinyatakan sebagai tekanan 1 atm (76 CmHg) dan suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (273 K).

Sesuai dengan hukum Avogadro yang menyatakan bahwa pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas yang sama mengandung jumlah molekul yang sama atau banyaknya mol dari tiap-tiap gas volumenya sama. Berdasarkan hukum tersebut berlaku volume 1 mol setiap gas dalam keadaan standar (suhu 0°C dan tekanan 1 atm) sebagai berikut.

Berapakah volume molar gas? Bagaimana menghitung volume sejumlah tertentu gas pada suhu dan tekanan tertentu?

Avogadro dalam percobaannya mendapat kesimpulan bahwa 1 L gas oksigen pada suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm mempunyai massa $1,4286\text{ g}$, atau dapat dinyatakan bahwa pada tekanan 1 atm :

$$1\text{ L gas O}_2 = (1,4286 / 32)\text{ mol}$$

$$1\text{ L gas O}_2 = (1 / 22,389)\text{ mol}$$

Harga volume yang akan diperoleh $22,4\text{ liter}$. Maka, berdasarkan hukum Avogadro dapat disimpulkan:

Jadi, pada keadaan standar (STP), volume molar (volume 1 mol gas) adalah 22,4 liter/mol.

Dapat pula dirumuskan:

$$\text{Mol gas } x = \text{volume gas } x / \text{volume molar}$$

atau

$$\text{Mol gas } x = \text{volume gas } x / 22,4 \text{ L/mol}$$

b. Keadaan Kamar (RTP)

Kondisi pengukuran gas pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm disebut keadaan kamar dan dinyatakan dengan RTP (*Room Temperature and Pressure*).

$$\underline{PV = nRT}$$

dengan: P = tekanan (atm)
 V = volume gas (liter)
 n = jumlah mol (mol)
 R = tetapan gas = 0,082 L atm/mol K
 T = 0 °C = 273 K

$$\underline{V = (n \cdot R \cdot T) / P}$$

$$V = (1 \text{ mol} \times 0,08205 \text{ L atm/mol K} \times 298 \text{ K}) / 1 \text{ atm} = 22,4 \text{ L}$$

Hukum Gas Ideal

Dengan menggunakan Boyle, untuk massa gas ideal yang ideal, produk dari tekanan dan volume konstan pada suhu konstan

$$p \times V = \text{konstan}$$

Dimana p adalah tekanan mutlak dan V adalah volume yang ditempati oleh gas

$$V / T = \text{konstan}$$

Dimana T adalah suhu absolut

$$pV = RT$$

Bila p , V dan T dinyatakan dalam atmosfer, liter per gram mol dan Kelvin, masing-masing, R memiliki nilai numerik 0,08206

$$R = 0,08206 \text{ l.atm} / [(\text{g mol}) (\text{K})]$$

Bila V adalah volume gas dalam liter n gram mol, dimodifikasi sebagai

$$pV = nRT$$

Chemical	Formula	Critical temperature °K	Critical pressure atm. a	Critical density g/cm ³
A. INORGANIC COMPOUNDS				
Air	...	132.40*	37.200*	0.3130*
Ammonia	NH ₃	405.35	111.300	0.2350
Argon	A	150.56	48.000	0.5308
Bromine	Br ₂	584.00	102.000	1.1780
Carbon dioxide	CO ₂	304.40	72.900	0.4680
Carbon disulphide	CS ₂	549.00	77.000	0.4375
Carbon monoxide	CO	132.80	34.530	0.3010
Chlorine	Cl ₂	417.00	76.100	0.5730
Cyanogen	C ₂ N ₂	399.70	59.000	...
Deuterium	D ₂	38.43	16.420	...
Fluorine	F ₂	144.60	55.000	0.4710
Helium	He	5.25	2.261	0.0693
Hydrogen	H ₂	33.20	12.800	0.0310
Hydrogen bromide	HBr	362.90	84.000	...
Hydrogen chloride	HCl	324.40	81.500	0.4230
Hydrogen cyanide	HCN	456.50	53.200	0.1950
Hydrogen fluoride	HF	461.00	64.000	0.2900
Hydrogen iodide	HI	424.00	82.000	0.0572
Hydrogen sulphide	H ₂ S	373.60	89.050	0.3490
Iodine	I ₂	826.30
Neon	Ne	44.40	26.860	0.4840
Nickel carbonyl	Ni (CO) ₄	473.10	30.000	0.4600
Nitric oxide	NO	180.00	64.600	0.5200
Nitrogen	N ₂	126.10	33.540	0.3110
Nitrogen dioxide (peroxide)	NO ₂	431.00	100.000	0.5600
Nitrogen tetroxide	N ₂ O ₄	431.00	99.000	...
Nitrous oxide	N ₂ O	309.50	71.650	0.4590
Oxygen	O ₂	154.60	50.140	0.4100
Ozone	O ₃	261.00	54.600	...
Phosgene	COCl ₂	454.80	56.000	0.5200
Phosphine	PH ₃	324.30	64.500	0.2990
Sulphur	S	1313.00	116.000	...
Sulphur dioxide	SO ₂	430.50	77.800	0.5240
Sulphur trioxide	SO ₃	491.50	83.700	0.6330
Water	H ₂ O	647.30	218.000	0.3178
Xenon	Xe	289.30	58.000	1.1040
B. ORGANIC COMPOUNDS				
Acetylene	C ₂ H ₂	309.30	61.600	0.2310
Benzene	C ₆ H ₆	561.60	47.700	0.3045
n-Butane	C ₄ H ₁₀	425.00	37.470	0.2250
Iso-Butane	C ₄ H ₁₀	407.10	37.000	0.2320
1-Butene	C ₄ H ₈	419.40	39.800	0.2340

Chemical	Formula	Critical temperature °K	Critical pressure atm. a	Critical density g/cm ³
2-Butene	C ₄ H ₈	428.00	42.400	0.2380
1, 3-Butadiene	C ₄ H ₆	425.00	42.700	0.2450
Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	554.10	40.600	0.2760
Cyclopropane	C ₃ H ₆	397.50	54.200	...
Di-iso-butyl	C ₈ H ₁₈	549.90	24.500	0.2365
Di-iso-propyl	C ₆ H ₁₄	500.50	30.600	0.2410
Ethane	C ₂ H ₆	305.30	48.200	0.2030
Ethylene	C ₂ H ₄	282.90	50.500	0.2270
Ethylene oxide	C ₂ H ₄ O	468.50	71.00	0.3140
Ether	C ₄ H ₁₀ O	467.00	35.600	...
n-Heptane	C ₇ H ₁₆	540.00	26.800	0.2342
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	507.90	29.500	0.2342
Methane	CH ₄	190.90	45.800	0.1620
n-Octane	C ₈ H ₁₈	569.30	24.600	0.2327
n-Pentane	C ₅ H ₁₂	470.30	33.000	0.2316
Iso-Pentane	C ₅ H ₁₂	460.90	32.920	0.2340
Propane	C ₃ H ₈	369.80	42.000	0.2200
Propylene	C ₃ H ₆	364.90	45.400	0.2330

Gas Campuran

Di industri, sangat sering, campuran berbagai gas ditangani. Analisis komponen yang ada dalam campuran biasanya diberikan secara volume. Ambil contoh udara dimana oksigen dan nitrogen hadir masing-masing 21% dan 79% berdasarkan volume,

Jika V_1 adalah volume komponen murni yang saya hadirkan dalam campuran, volume total gas

$$V = \sum V_1$$

Ini dikenal sebagai hukum Amagat.

Campuran gas-cair

Campuran cairan ideal mematuhi hukum Raoult. Hukum yang sama juga berlaku untuk campuran cairan gas, tekanan uap campuran cairan gas pada suhu tertentu sama dengan fraksi mol cairan dikalikan dengan tekanan uap cairan murni pada suhu yang sama.

Pada konsentrasi rendah gas dalam cairan, hukum Raoult tidak berlaku baik. Untuk perilaku yang tidak ideal seperti itu, hukum Henry ditemukan berguna. Jika p_1 adalah tekanan parsial gas terlarut i ,

$$P_1 = H_1 x_1$$

Dimana x_1 adalah fraksi mol dari komponennya dalam larutan dan H_1 adalah konstanta hukum Henry (perhatikan bahwa menurut Raoult's law, H_1 harus sama dengan total tekanan untuk solusi ideal)

Contoh:

1. menghitung Berat Molekul rata-rata dan Komposisi berat dari sebuah kata.

Pembahasan

Komposisi udara rata-rata volume yang lebih rendah dari data di bawah?

Gas	Mol %
Nitrogen	78,084
Oksigen	20,946
Argon	0,934
Karbondioksida	0,033
Gas mulia	0,003

Secara umum, oksigen dan nitrogen yang diambil tato presennol ke Tingkat 21% dan 79% masing-masing (pada volume dasar)

Dasar: 100 kg mol udara

No	Gas	Formula	Berat Molekul	Kg.mol	Berat kg	Berat %
1.	Oksigen	O ₂	32	21	672	23,37
2.	Nitrogen	N ₂	28	79	2212	76,63
	Total			100	2884	100,00

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata berat molekul udara} &= 2884/100 \\ &= 28,84 \end{aligned}$$

2. Hitung volume spesifik uap super panas pada 100 atm dan 350C menggunakan hukum gas ideal

Pembahasan

Berat molekul uap (air) = 18

Hukum gas ideal menyatakan bahwa

$$pV = RT$$

$$p = 100 \text{ atm}$$

$$T = 350 + 273 = 623\text{K}$$

Ketetapan gas $R = 0,08206 \text{ m}^3\text{atm}(\text{kg mole } ^\circ\text{K})$

$$\begin{aligned} \text{Volume molal } V &= RT/p = (0,08206 \times 623) / 100 \\ &= 0,5108 \text{ m}^3/\text{kg mole} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tertentu} &= V/M \\ &= 0,5108/18 \text{ (m}^3/\text{kg mole)} \\ &= 0,02837 \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

c. Volume Gas pada Keadaan Tidak Standar

Perhitungan volume gas tidak dalam keadaan standar (non-STP) digunakan dua pendekatan sebagai berikut.

1) Keadaan Tertentu dengan Suhu dan Tekanan yang Diketahui

Volume gas pada suhu dan tekanan yang diketahui dapat dihitung dengan menggunakan persamaan gas yang disebut persamaan gas ideal. Persamaan gas ideal, yaitu $PV = nRT$, untuk menentukan volume gas menjadi:

Hukum gas ideal : $PV = nRT$

$$PV = nRT \rightarrow V = (nRT) / P$$

dimana :

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$R = 0,08205 \text{ L atm/mol K}$$

$$T = \text{suhu mutlak gas (K} = 273 + \text{suhu celcius)}$$

2) Dengan konversi gas pada suhu dan tekanan yang sama (Keadaan yang Mengacu pada Keadaan Gas Lain)

Menurut hukum Avogadro, perbandingan gas-gas yang jumlah molnya sama memiliki volume sama. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$V_1 / V_2 = n_1 / n_2$$

Di mana:

$$n_1 = \text{mol gas 1}$$

$$n_2 = \text{mol gas 2}$$

$$V_1 = \text{volume gas 1}$$

$$V_2 = \text{volume gas 2}$$

Latihan Soal

1. Berat 100 gr masing-masing HNO_3 dan H_2SO_4 diisi dua botol terpisah. Botol mana yang mengandung lebih banyak molekul? berapa banyak lagi?
2. Analisis sampel gelas menghasilkan 7,8% Na_2O , 7,0% MgO , 9,7% ZnO , 2,0% Al_2O_3 , 8,5% B_2O_3 dan 65,0% SiO_2 (berat). Mengubah komposisi ini menjadi mol%
3. Sampel batu kapur tiruan, yang diperoleh dari Porbandar, Gujarat, ditemukan mengandung 54,5% CaCO_3 di batu kapur, temukan kandungan CaCO_3 di batu kapur.
4. Kelarutan metil bromida dalam metanol adalah 44 g per 100 g pada 25°C . Carilah fraksi berat dan fraksi mol metanol dalam larutan jenuh
5. Etanol ada dalam larutan berair sampai 1000 mg/l. Temukan TOC dan ThOD larutan dalam mg/l.
6. Larutan asam asetat berair dengan konsentrasi 35% (berat) memiliki densitas $1,04 \text{ g/cm}^3$ pada 25°C . temukan molaritas, normalitas, dan molal larutan.
7. Campuran gas memiliki komposisi dengan volume sebagai berikut:

Etilen	30,6%
Benzena	24,5%
Oksigen	1,3%
Metana	15,5%
Etana	25,0%
Nitrogen	3,1%

Temukan (a) berat molekul rata-rata campuran gas, (b) komposisi menurut berat, dan (c) densitas campuran dalam kg/m^3 pada NTP

BAB III

Neraca Massa

A. Pendahuluan

Neraca massa merupakan perhitungan semua bahan yang ada dalam proses. Ada kalanya bahan yang dikenakan proses berubah bentuk menjadi senyawa lain atau menjadi konsumsi dalam sistem itu, tetapi jumlah massanya tidak berubah. Massa yang tumbuh dan massa yang terambil diartikan bila terjadi reaksi kimia, maka bahan yang satu bisa terambil dan membentuk senyawa lain. Sebelum masuk pada neraca massa, diperlukan pengertian-pengertian tentang sistem, proses, dan aliran. Perhitungan neraca massa meliputi neraca massa tanpa dan dengan reaksi kimia. Pada bab ini dibahas neraca massa tanpa reaksi kimia. Pada contoh-contoh perhitungan neraca massa tanpa reaksi kimia diberikan kepada proses-proses pemisahan secara fisis seperti, pencampuran, pengeringan, kristalisasi, keseimbangan fase, distilasi, dan evaporasi. Alat-alat ini akan dipelajari lebih lanjut pada mata kuliah berikutnya dan dalam perencanaan alat.

Perancangan proses dari setiap lapisan aliran alur dimulai dengan keseimbangan material dan energi, neraca ini mengikuti hukum konservasi massa. Menurut hukum ini, jumlah massa berbagai senyawa tetap tidak berubah selama operasi tertentu atau bereaksi kimia. Untuk mengatur keseimbangan massa, pertama lembar aliran harus dipelajari dengan baik. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui bagaimana menyiapkan alur proses. Dalam bab ini dimaksudkan untuk mencangkup aspek – aspek penting dari alur proses dan keseimbangan material dari sistem yang tidak melibatkan reaksi kimia.

1. Sistem

Sering kali mendengar kata “sistem”, tapi apa maknanya?. Sistem dapat diartikan sebagai suatu kesatuan yang kompak dari satu atau beberapa sub sistem. Di dalam proses terdapat pengertian sistem tertutup dan sistem terbuka. Sistem tertutup dapat dikatakan sebagai sistem atau proses “batch” yang dijelaskan pada bagian tentang proses. Dalam sistem tertutup tidak ada bahan yang masuk atau keluar, massa dalam sistem tertutup harus tetap. Sistem terbuka adalah sistem yang mengalir atau kontinyu. Sistem dikelilingi oleh pembatas atau *boundary*, diluar itu disebut sekeliling.

2. Proses

Sebuah alur proses adalah aliran dimana berbagai material dan utilitas diperlihatkan. Selain itu, laju alir dan entalpi berbagai aliran yang ditunjukkan pada arus proses. Arus proses semacam itu membantu personil operasi dan perancang dipabrik untuk memahami dalam bereaksi atau proses kimia yang lebih baik.

Gambar 3.1 dan 3.2 adalah contoh alir proses dari pabrik polietilen berdiameter 50ton/hari dan formaldehyde 20ton/hari. Meskipun aliran ini mewakili keseimbangan material dan energi cukup lengkap di bab ini untuk mengikuti banyak aliran yang mencangkup.

Untuk mempersiapkan alir proses tersebut, diagram alir pertama di tarik. Dalam diagram alir, jumlah material dan energi tidak diberikan sama sekali. Hanya sedikit jumlah yang diketahui. Seorang insinyur proses diharuskan untuk mengubah diagram alir menjadi alir proses dengan penghitungan neraca material dan energi.

Sebelum masuk pada perhitungan neraca massa, terlebih dahulu diperkenalkan tentang proses dan macamnya. Proses merupakan suatu kondisi atau keadaan yang mengalami pengolahan untuk menghasilkan produk tertentu. Dalam industri, proses merupakan pengolahan bahan baku menjadi produk.

Berdasarkan kejadiannya proses terbagi menjadi tiga yaitu :

1. **Proses batch** : Pemasukan reaktan dan pengeluaran hasil dilakukan dalam selang waktu tertentu/ tidak terus menerus. Contoh: Pemanasan air dengan koil pada teko.
2. **Proses kontinyu** : Pemasukan bahan dan pengeluaran produk dilakukan secara terus menerus / berkesinambungan dengan laju tertentu. Contoh : Mengalirkan umpan ke kolom destilasi dengan laju tetap dan mengambil produk dari puncak dan dasar kolom dengan laju tetap pula.
3. **Proses Semi – Batch** : Proses yang berlangsung tidak secara bath dan kontinyu. Contoh : tangki gas bertekanan yang terbuka, *leaching* (pelindian).

Berdasarkan keadaan proses dibedakan menjadi dua yaitu proses dalam keadaan tunak (Steady) dan keadaan tak tunak (Unsteady).

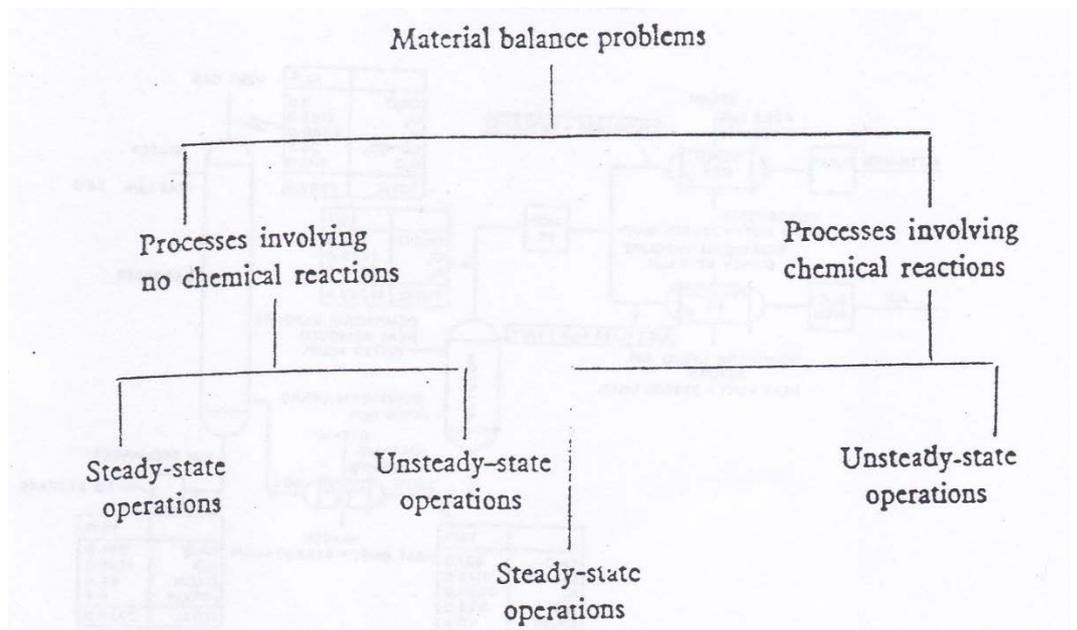
1. **Proses Steady State** : Semua aliran didalam sistem mempunyai laju, komposisi, massa dan suhu yang tetap atau tidak berubah terhadap waktu. Sehingga pada keadaan ini jumlah akumulasi didalam sistem tetap.
2. **Proses Unstedy State (transient)** : Terjadi perubahan dalam sistem terhadap waktu. Baik berupa perubahan laju, komposisi,

massa maupun suhu. Akumulasi didalam sistem sehingga akumulasi massa harus harus diperhitungkan.

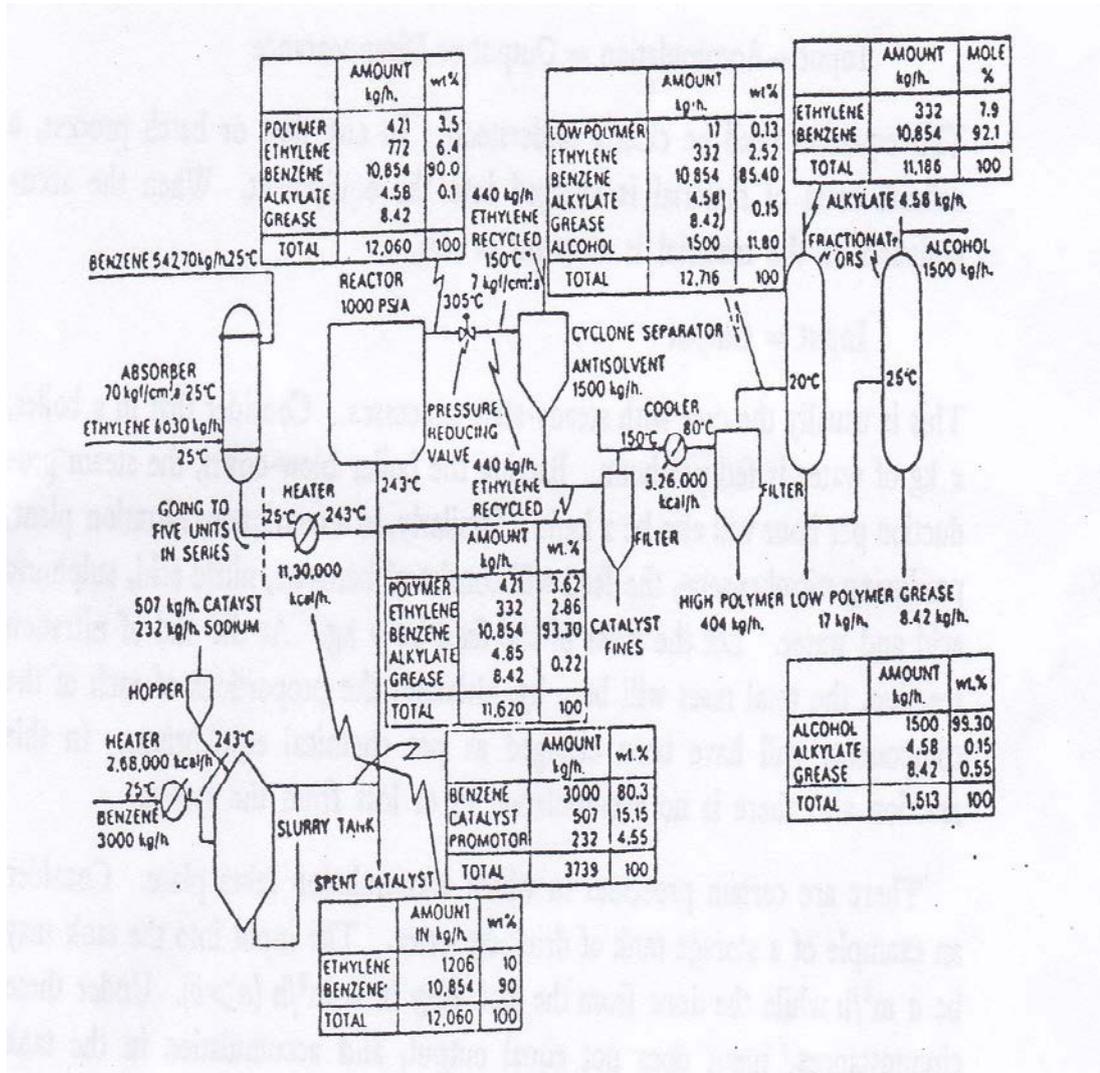
3. Aliran

Pada proses yang kontinyu, terdapat dua arah aliran, yaitu aliran searah (cocurrent) dan tidak searah atau berlawanan arah (counter current). Arah aliran Masing-masing aliran memiliki kelemahan dan keunggulan. Hal itu juga tergantung pada jenis proses yang ada, apakah dilakukan pada proses perpindahan panas atau perpindahan massa. Demikian juga, apakah dilakukan dengan cara kontak langsung atau tidak. Hal itu juga tergantung pada sifat bahan yang akan diproses baik secara fisik maupun kimia.

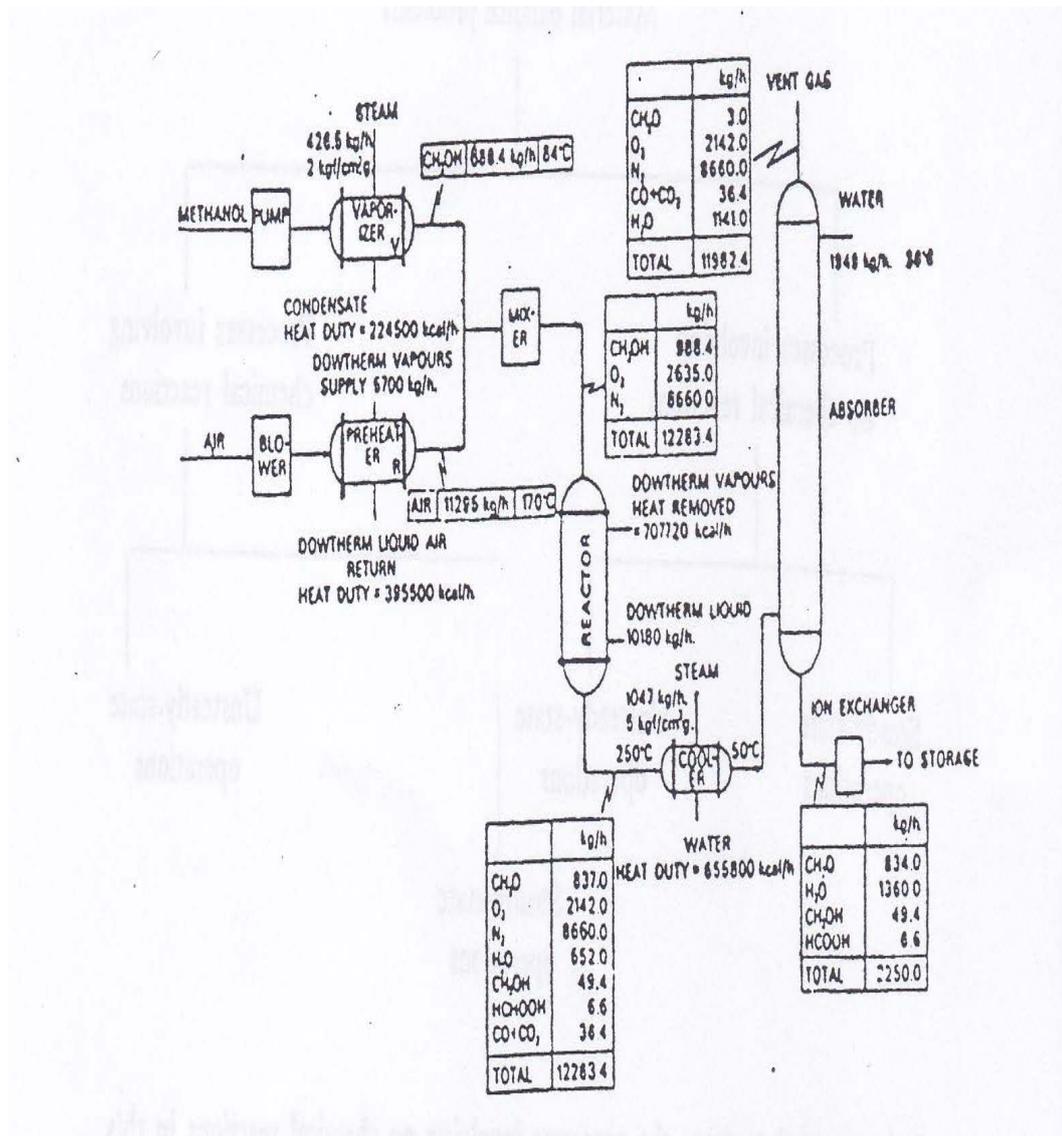
Secara umum masalah kesimbangan material bisa diklasifikasikan sebagai berikut.



Hal tersebut dikemukakan untuk menutupi proses yang tidak melibatkan reaksi kimia dalam bab ini. Bab berikutnya akan berurusan dengan steady state yang melibatkan untuk reaksi kimia.



3.1 proses bagan air untuk pembuatan polietilena sebanyak 50ton per hari dengan minyak standar proses indiana



3.2 Proses bagan alir pembuatan formlaldehid 20 ton per hari

Dari hukum konservasi diuraikan dalam gambar 3.1, maka untuk proses,

$$\text{Input} - \text{Accumulation} = \text{Output or Disappearance}$$

Persamaan ini perlu dipahami dengan jelas. Dalam setiap proses aliran atau batch, massa material yang pasti dibebankan keperalatan. Bila akumulasi bahan konstan atau nihil.

$$\text{Input} = \text{Output}$$

Hal ini biasanya terjadi pada proses steady state. Pertimbangan bahwa boiler, x kg air diberi makan per jam. Kecuali boiler blowdown, produksi uap per jam juga akan menjadi x kg/h. Demikian pula, dipabrik nitrasi menghasilkan nitrobenzene, komposisinya terdiri dari benzene, asam nitrat, asam sulfat dan air. Biarkan massa komposisi menjadi y kg. Pada akhir reaksi ini juga tidak ada perubahan seperti kesetimbangan kimia. Akumulasi atau kehilangan dari sistem.

Ada beberapa proses yang akumulasi terjadi. Perhatikan contoh tangki penyimpanan air minum. Masukan ke dalam tangki mungkin berupa m^3 / jam sedangkan hasil tangkapan dari tangki mungkin b m^3 / h ($a > b$). Dalam keadaan seperti ini, input tidak sama dengan output, dan akumulasi dalam tangki berjumlah $(a-b)$ m^3 / h.

Dalam kiln yang merawat magnesium hidroksida, pakannya adalah magnesium hidroksida yang lembab. Panas yang diberikan secara langsung atau tidak langsung ke kiln. akibatnya, magnesium hidroksida terurai menjadi magnesium oksida air. Dari tumpukan air lolos. Dalam sistem seperti itu, input sama dengan output ditambah kelembaban yang diuapkan.

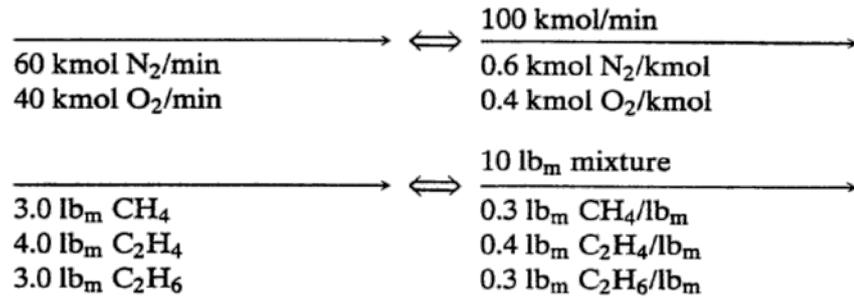
B. Diagram Alir Proses

Diagram alir proses merupakan gambaran visual yang menunjukkan semua aliran bahan – bahan baik yang masuk alat maupun yang keluar, disertai data – data komposisi dari campuran bahan – bahan aliran. Suatu unit proses dapat digambarkan dalam sebuah kotak atau simbol alat, dan garis panah untuk menunjukkan arah aliran bahan. Arus diagram alir harus diberi labl yang menunjukkan variabel proses yang diketahui dan permisalan variabel yang akan dicari dengan simbol variabel. Diagram alir berfungsi sebagai papan hitung untuk menyelesaikan masalah neraca

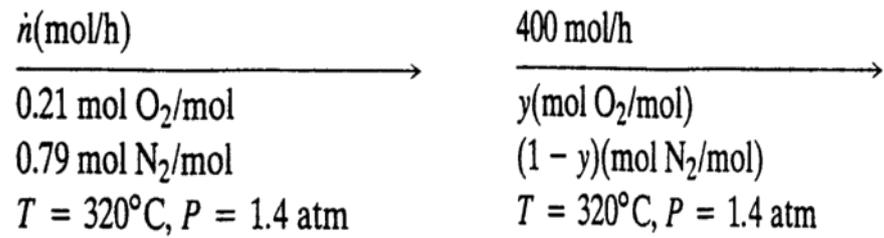
Cara memberikan label pada arus :

1. Menuliskan nilai dan satuan semua variabel yang diketahui diarus dalam gambar.
 - a. Narasi : gas berisi 21% mol O_2 dan 79% N_2 pada suhu 320 oC dan 1,4 atm mengalir dengan kecepatan 400 gmol/jam.
 - b. Diagram alir :

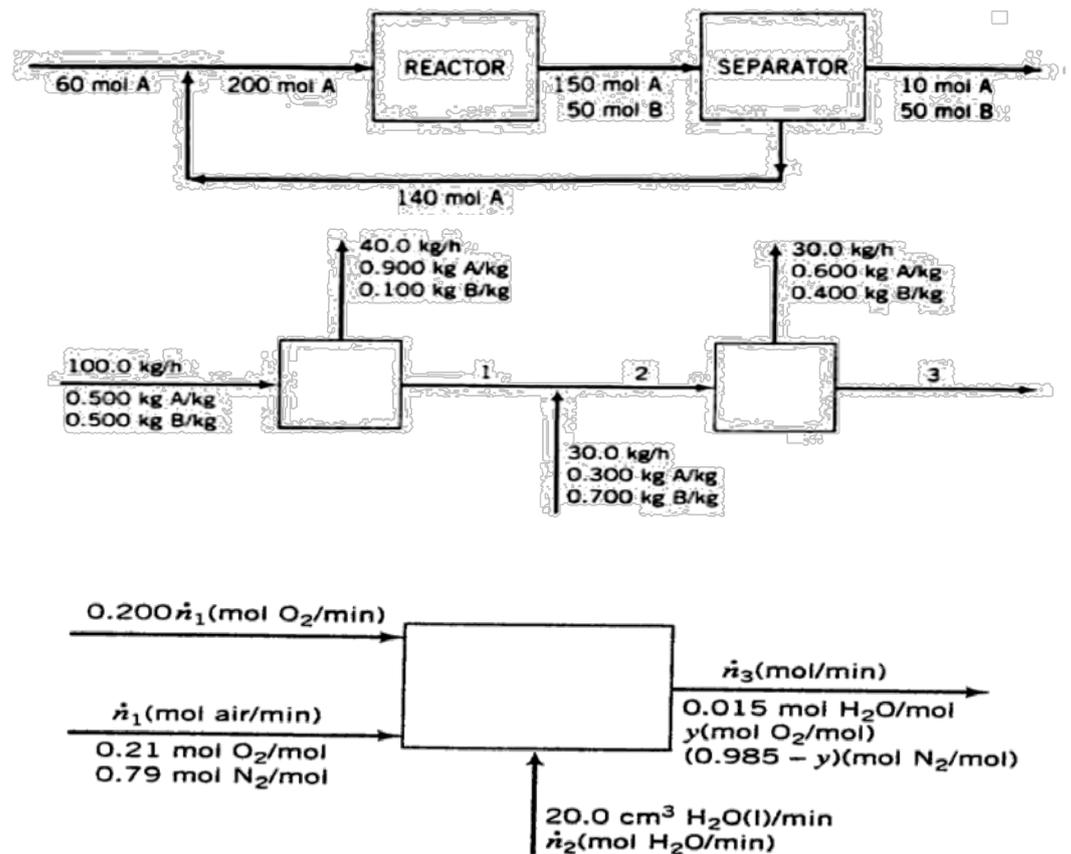
$$\begin{array}{l}
 400 \text{ mol/h} \\
 \hline
 \longrightarrow \\
 0.21 \text{ mol } O_2/\text{mol} \\
 0.79 \text{ mol } N_2/\text{mol} \\
 T = 320^\circ\text{C}, P = 1.4 \text{ atm}
 \end{array}$$

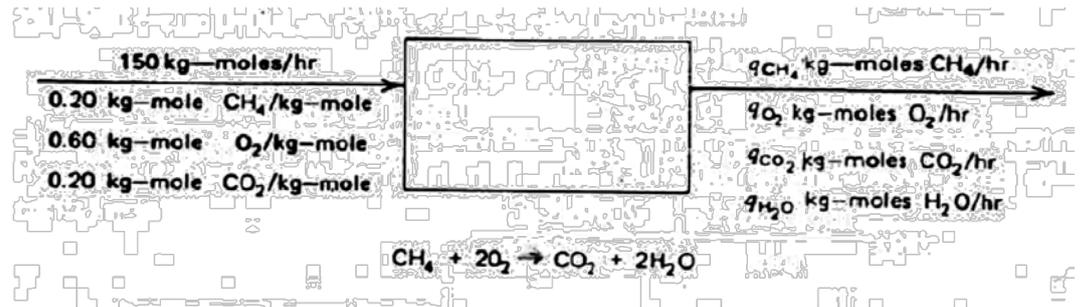


2. Tandai dengan simbol untuk variabel yang akan dicari.



Contoh penulisan :





C. Neraca Massa Tanpa Reaksi Kimia

Tiga metode umum untuk memecahkan masalah keseimbangan material untuk sistem yang tidak melibatkan reaksi kimia.

1. Buatlah keseimbangan dari seri bahan, yang jumlahnya tidak berubah selama operasi tertentu. Contoh-contoh yang termasuk dalam kategori ini meliputi konsentrasi larutan dalam evaporator, "padatan terlarut" tidak berubah, yang merupakan seri tidak berubah dan hanya pelarut yang diuapkan.
2. Sangat sering satu atau beberapa kimia tidak reaktif, yang tidak ikut serta dalam operasi, terlibat dalam sistem. Dengan membuat bagian keseimbangan ini, perhitungan keseimbangan material dapat sebagian disederhanakan. Contoh dari jenis masalah ini meliputi pencucian padatan, abu yang ada di batubara, abu tertinggal di perapian dan pembakarannya dari batu bara, abu tertinggal di perapian dan tidak ikut ambil bagian dalam proses pembakaran.
3. Bila dua atau lebih senyawa ada dalam sistem dan jika semua senyawa terpengaruh secara simultan, diperlukan agar persamaan keseimbangan material diselesaikan dengan persamaan simultan. Misalnya saldo material distilasi dan ekstraksi cairan termasuk dalam kategori ini.

Lihat gambar 6.1 untuk masalah pada penyulingan campuran benzena-toluena.

Dalam masalah tertentu seseorang harus memutuskan terlebih dahulu mengenai masalahnya. Kemudian, dasar yang pasti diasumsikan. Seringkali, dasarnya didefinisikan secara jelas dalam pernyataan masalah. Jika dasar ini sesuai, dapat diadopsi. Jika tidak, basis baru yang lebih mudah dapat dipilih. Dengan menggunakan dasar ini, masalahnya harus diselesaikan dengan unit yang konsisten.

D. Persamaan Neraca Massa

$$\text{Input} - \text{Output} - \text{Consumption} + \text{Generation} = \text{Accumulation}$$

Input = Aliran masuk ke sistem

Output = Aliran keluar sistem

Consumption = Digunakan oleh reaksi

Generation = Terbentuk karena reaksi

Accumulation = Berkumpul dalam sistem

Contoh :

1. Setiap tahun 50.000 orang pindah ke kota, 35.000 orang keluar, 22.000 lahir dan 19.000 meninggal. Tulis neraca penduduk dikota.

Jawab :

Jika P adalah penduduk

$$\text{Input} + \text{generation} - \text{output} - \text{consumption} = \text{accumulation}$$

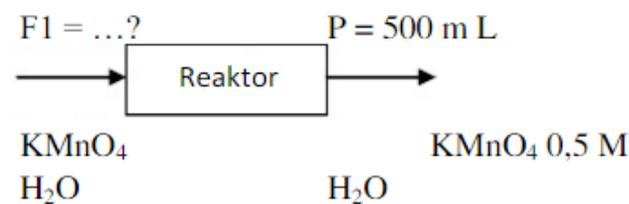
$$50.000 \text{ P/th} + 22.000 \text{ P/th} - 35.000 \text{ P/th} - 19.000 \text{ P/th} = A \text{ (P/th)}$$

$$A = 18.000 \text{ P/th}$$

Contoh Soal Neraca Massa Tanpa Reaksi Kimia

1. Ingin dibuat larutan KMnO_4 0,5 M sebanyak 500 mL dari kristal KMnO_4 . Berapa gram KMnO_4 yang seharusnya dilarutkan dalam akuades sampai 500mL?

Jawab :



$$M = \frac{n}{V} \longrightarrow n = 0,5 \text{ M} \cdot 500 \text{ mL}$$

$$= 250 \text{ mmol}$$

$$= 0,25 \text{ mol}$$

$$n = \frac{gr}{Mr} \longrightarrow gr = 0,25 \text{ mol} \cdot 158 \text{ gr/mol}$$

$$= 39,5 \text{ gram}$$

Jadi untuk membentuk larutan KmnO_4 0,5M dibutuhkan sebanyak 39,5 gram KmnO_4

2. Hal ini diperlukan untuk membuat 1000kg campuran asam yang mengandung 60% H_2SO_4 , 32% HNO_3 dan 8% air dengan pencampuran :
 - i. Asam yang dikeluarkan mengandung 11,3% HNO_3 , 44,4% H_2SO_4 , dan 44,3% H_2O
 - ii. Berair 90% HNO_3 , dan
 - iii. Berair 98% H_2SO_4 .

Semua persentase adalah menurut beratnya. Hitung jumlah masing – masing dari ketiga asam yang dibutuhkan untuk dicampur .

Solusi :

Basis : 1000 kg campuran asam

Campuran ini mengandung 600kg H_2SO_4 , 320kg HNO_3 dan 180kg H_2O . Misalkan x, y dan z adalah jumlah asam nitrat dan sulfat berair, masing – masing harus dicampur

Keseimbangan material secara keseluruhan :

$$X + y + z = 1000$$

Keseimbangan asam sulfat :

$$0,444x + 0,98z = 600$$

Keseimbangan asam nitrat :

$$0,113x + 0,9y = 320$$

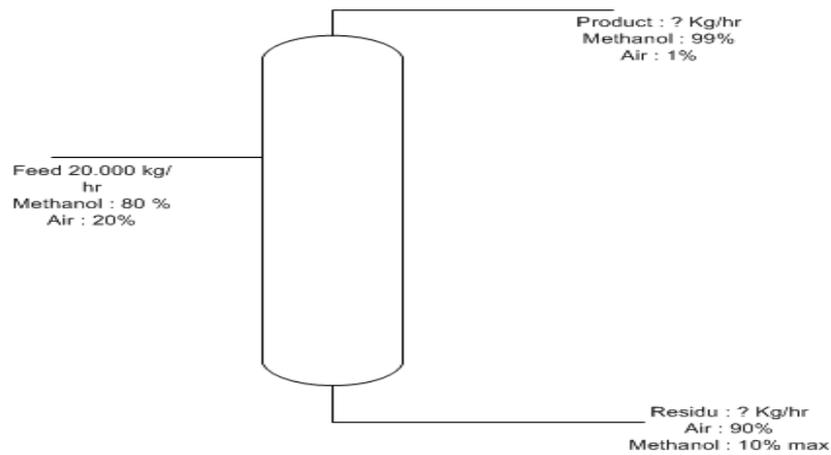
Memecahkan persamaan .(1), (2), (3)

$$X = 76,2\text{kg}$$

$$Y = 345,9\text{kg}$$

$$Z = 578,9\text{kg}$$

3.



Sebuah kolom distilasi digunakan untuk memisahkan campuran methanol dan air yang komposisinya telah disebutkan diatas, laju alir feed nya adalah 20.000 kg/hr maka hitunglah laju alir product dan residu dalam kg/hr.

Nb. Semua % dalam berat.

Jawab :

Dalam neraca massa, dikenal hukum massa yang masuk sama dengan massa yang keluar.

Maka, jika kita simbolkan F untuk Feed, P untuk Product, dan R untuk Residu, maka bisa kita buat persamaan

$$F = P + R \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$20.000 \text{ kg/hr} = P + R$$

Jika masing masing komponen kita beri label, a untuk air, dan m untuk methanol, maka di dapat persamaan

$$F.m = P.m + R.m \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$20.000(0.8) = P(0.99) + R(0.1)$$

$$16000 = 0.99P + 0.1 R \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$F.a = P.a + R.a$$

$$20.000(0.2) = P(0.01) + R(0.9)$$

$$4000 = 0.01P + 0.9R \quad \dots\dots\dots(4)$$

Jika kita substitusikan persamaan (3) ke (4) maka didapatkan:

$$16.000 = 0.99P + 0.1R \quad \times 0.01$$

$$\underline{4.000 = 0.01P + 0.9R \quad \times 0.99}$$

$$\begin{array}{r}
 160 = 0.99P + 0.0001R \\
 3960 = 0.99P + 0.891R \quad - \\
 \hline
 -3800 = -0.8909R
 \end{array}$$

Maka nilai $R = 4265.34$ kg/hr

Jika kita masukkan ke pers. (1) maka didapatkan nilai $P = 20.000 - 4265.34 = 15.734.66$ kg/hr

E. Neraca Massa Dengan Reaksi Kimia

Reaksi Kimia berperan penting dalam proses pembuatannya. Untuk desain peralatan reaksi kimia tekanan, kondisi operasi seperti tekanan, komposisi, dan tingkat arus harus diketahui. Perhitungan keseimbangan material dan energi sampai pada penyelamatan perancang dan memungkinkan dia untuk menghitung berbagai tingkat arus.

Meskipun laju reaksi, desain reaktor dan aspek kinetik lain dari teknik reaksi tidak termasuk dalam ruang lingkup buku ini, beberapa hal seperti komponen pembatas, reaktan berlebih, tingkat konversi, dan hasil akan didefinisikan agar memiliki sifat yang jelas. Pemahaman tentang subjek Dengan asumsi bahwa data reaksi kinetik tersedia, keseimbangan material secara keseluruhan dari kondisi steady state akan dibahas dalam bab ini.

Pada kuliah terdahulu telah diberikan contoh kasus neraca massa tanpa reaksi kimia. Berikut ini akan dibahas neraca massa dimana reaksi terjadi di dalam sistem yang ditinjau. Dalam reaksi kimia, stoikiometri reaksi kimia harus diperhatikan.



Reaksi di atas mempunyai arti :

1. Kualitatif, yaitu bahan apa yang direaksikan dan yang dihasilkan. Bahan A dan B merupakan reaktan atau pereaksi. Bahan C dan D merupakan produk atau hasil reaksi.
2. Kuantitatif, yaitu perbandingan mol-mol sebelum dan sesudah reaksi. Jika 1 mol A bereaksi maka (b/a) mol B yang bereaksi.

Di dalam praktek, jarang terdapat peristiwa dimana reaksi berjalan secara stoikiometri tepat. Biasanya, salah satu reaktan berada dalam jumlah yang berlebihan, sehingga reaksi tidak bisa berjalan stoikiometris. Pada akhir reaksi masih ada sisa-sisa jenuh reaktan.

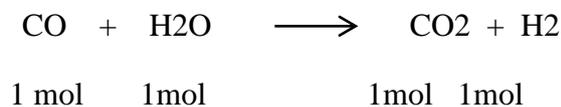
Hukum konservasi massal, yang dinyatakan dalam Bab 3, berperan baik untuk keseimbangan material yang melibatkan reaksi kimia juga.

Pernyataan matematis umum dapat ditulis sebagai:

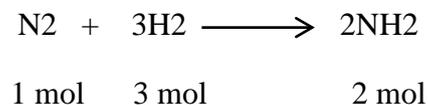
Massa total yang memasuki reaktor kimia = Total massa produk yang meninggalkan reaktor kimia.

Sangat sering, lebih mudah bekerja dengan mol daripada dengan massa, biasanya di dalam sistem gas. Perlu dicatat bahwa dalam reaksi kimia, massa total dari input tetap konstan, namun jumlah mol mungkin atau mungkin tidak terus berlangsung konstan. Fakta ini dapat dipahami dengan mempelajari dua reaksi berikut.

Perhatikan pergeseran reaksi:



Dalam hal ini dapat diamati bahwa dua mol bereaksi satu sama lain dan menghasilkan dua mol. Kemudian, jumlah mol reaktan yang memasuki reaktor sama dengan jumlah mol produk yang meninggalkan reaktor. Reaksi sintesis amonia dapat ditulis sebagai berikut:



Dapat diamati bahwa empat mol (total reaktan) menghasilkan dua mol amonia. Kemudian, jumlah mol telah berkurang, walaupun massa total reaktan yang masuk dan produk yang meninggalkan reaktor adalah sama.

Untuk reaksi (4.1) kita bisa menulis

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol CO} &\equiv 1 \text{ mol H}_2\text{O} \\ &\equiv 1 \text{ mol H}_2 \\ &\equiv 1 \text{ mol CO}_2 \end{aligned}$$

Demikian, untuk reaksi (4.2)

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol N}_2 &\equiv 3 \text{ mol H}_2 \\ &\equiv 2 \text{ mol NH}_3 \end{aligned}$$

Persamaan di atas menentukan persyaratan komponen stoikiometri (tanda \equiv mewakili ekuivalen dari sudut pandang ekuilibrium kimiawi, dan tidak sama dengan sudut pandang matematis).

Dalam perhitungan kuantitatif sistem reaksi yang demikian, perlu diketahui beberapa istilah seperti di bawah ini :

1. **limiting reactant** (reaktan pembatas) Reaktan yang jumlah molnya paling sedikit bila ditinjau dari segi stoikiometri. Atau reaktan yang akan habis terlebih dulu dibanding reaktan lainnya.
2. **Excess reactant** yaitu reaktan yang berlebih dari stokiometrisnya terhadap limiting reaktan.
3. **Percent excess of reactant** = persen kelebihan reaktan yang berlebih.

$$\% \text{ excess} = \frac{\text{jumlah mol kelebihan dari kebutuhan teoritis}}{\text{jumlah mol kebutuhan teoritis}} \times 100\%$$

Jumlah mol kelebihan = (mol umpan) – (mol kebutuhan teoritisnya).

Teoritis merupakan kondisi jika limiting reactant habis bereaksi.

4. Konversi.

Umumnya, sintesis produk kimia tidak melibatkan reaksi tunggal melainkan beberapa reaksi. Tujuannya, adalah untuk memaksimalkan produksi produk yang diinginkan dan meminimalkan produksi produk sampingan yang tidak diinginkan.

Konversi adalah rasio mol yang bereaksi terhadap mol yang diumpankan ke reaktor. Konversi fraksional dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:
yaitu fraksi bahan baku atau reaktan yang bereaksi menjadi produk.

$$\text{Konversi} = \frac{\text{jumlah mol reaktan yang bereaksi}}{\text{jumlah mol reaktan yang masuk reaktor}} \times 100\%$$

nilai konversi = 0 sampai dengan 100% (= 1,00).

5. Yield/ rendemen.

Yield adalah perbandingan produk yang diinginkan yang terbentuk (dalam mol) dengan jumlah total yang bisa dihasilkan jika konversi reaktan pembatas sempurna (100%) dan tidak ada reaksi samping yang terjadi. Singkatnya yield yaitu perbandingan antara massa produk dengan massa bahan awal

Hasil mol dari produk yang diinginkan terbentuk mol terbentuk jika tidak ada reaksi samping dan pembatasan zat aktif yang terbentuk secara sempurna.

$$\text{Yield} = \frac{\text{Berat Umpan}}{\text{Berat Hasil}} \cdot 100\%$$

6. Selectivity

Selektivitas / selectivity adalah suatu reaksi perbandingan dari produk yang diinginkan yang terbentuk (dalam mol) terhadap produk yang tidak diinginkan yang terbentuk (dalam mol) atau perbandingan antara mol / massa produk tertentu dengan mol / massa produk lain.

Faktor Stoikiometri juga sering disebut rasio mol didasarkan pada koefisien dalam persamaan setara dan digunakan untuk menghubungkan reaktan atau produk. Massa molar dan faktor stoikiometrik digunakan untuk mengetahui informasi tentang salah satu reaktan atau produk dalam reaksi kimia.

$$\text{selectivitas} = \frac{\text{Produk akhir}}{\text{Reaktan yang bereaksi}} \cdot \text{faktor stoikiometri}$$

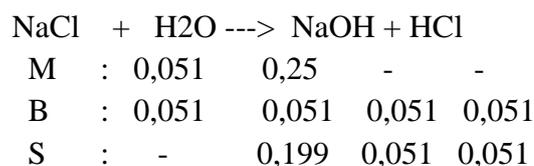
Contoh soal :

1. Suatu senyawa sodium klorida 3 gram ditambahkan dengan air 1M sebanyak 0,25 liter maka akan menghasilkan sodium hidroksida seberat 2 gram menjadi produk utamanya. Hituglah persen konversi, yield, dan errornya ? Mr sodium klorida : 58,5, Mr air : 18 , Mr sodium hidroksida : 40.

jawab :

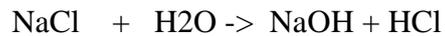
$$\begin{aligned} \text{mol NaCl} &= \text{gram} / \text{Mr} \\ &= 3 / 58,5 = 0,051 \text{ mol} \\ \text{mol air} &= M \times \text{Volume} = 1 \times 0,25 = 0,25 \text{ mol} \end{aligned}$$

TEORI



PRAKTEK

$$\text{mol NaOH} = 2/40 = 0,05$$



M	:	0,051	0,25	-	-
B	:	0,05	0,05	0,05	0,05
S	:	0,001	0,2	0,05	0,05

$$\begin{aligned} \text{Konversi} &= \frac{\text{jumlah mol reaktan yang bereaksi}}{\text{jumlah mol reaktan yang masuk reaktor}} \cdot 100\% \\ &= \frac{0,05}{0,051} \cdot 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Yield} &= \frac{\text{Berat Umpan}}{\text{Berat Hasil}} \cdot 100\% \\ &= \frac{0,05}{0,051} \cdot 100\% \\ &= 98,03\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Error} &= \frac{(\text{Produk utama teori} - \text{produk utama praktek})}{\text{PU Teori}} \cdot 100\% \\ &= \frac{(0,051 - 0,05)}{0,051} \cdot 100\% \\ &= 1,96\% \end{aligned}$$

Semakin kecil error maka semakin kecil kesalahan kita dalam praktikum. Ingat : untuk NM yang melibatkan reaksi kimia maka bekerjalah dengan satuan mol. Jika basis dinyatakan dalam satuan massa, maka ubahlah terlebih dulu menjadi satuan mol.

Sama dengan istilah yang digunakan dalam teknik reaksi kimia sekarang akan didefinisikan.

Komponen pembatas adalah salah satu yang menentukan konversi dalam reaksi. Reaktan berlebih adalah jumlah yang melebihi jumlah kebutuhan stoikiometri reaktan, seperti yang ditentukan oleh reaksi kimia.

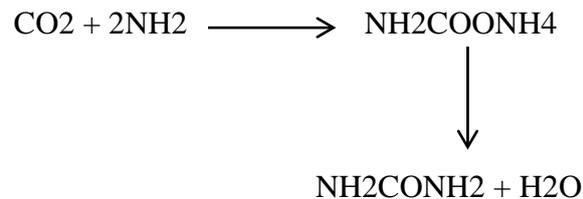
Pertimbangkan reaksi reformasi antara metana dan uap.





Dalam praktik sebenarnya, uap yang diumpungkan ke reformer biasanya jauh melebihi kebutuhan stoikiometri. Oleh karena itu, metana adalah: komponen pembatas, sedangkan uap adalah reaktan berlebih.

Urea dihasilkan oleh reaksi CO_2 dan NH_3 sesuai reaksi berikut



Biasanya, NH_3 adalah reaktan berlebih dan CO_2 adalah komponen pembatas pada sintesis di atas. Pakan biasanya terdiri dari CO_2 dan NH_3 dalam rasio 1 : 2,5 molar

Pertimbangkan sintesis amonia. Gas sintesis yang masuk ke reaktor masuk dalam proporsi stoikiometri, rasio molar 1 : 3 N_2 : H_2 . Dalam reaksi ini, tidak ada yang berlebih dan konversi dapat didasarkan pada reaktan

Perbedaan antara konversi dan hasil harus jelas sebelum mencoba memecahkan masalah yang melibatkan reaksi kimia. Untuk pemahaman seperti itu, pertimbangkan reaksi berikut:



Dalam pembuatan nitrobenzena dan juga dinitrobenzena, jumlah yang terakhir tergantung pada jumlah HNO_3 yang berlebih yang ada dalam campuran reaksi. Hasil dalam proses ini ditentukan berdasarkan nitrobenzene yang dihasilkan.



Persentase hasil nitrobenzena = (mol benzena diubah menjadi nitrobenzena / total mol benzena yang bereaksi) x 100

Di sisi lain, konversi akan didasarkan pada komponen benzena pembatas (dan bukan pada HNO_3 yang merupakan reaktan berlebih)

Persentase konversi = (mol benzena yang dikonsumsi dalam reaksi / mol benzena yang dibebankan) x 100

Untuk penjelasan numerik, pertimbangkan bahwa 100 kg mol benzena dibebankan pada reaktor nitrat. Jika 92 kg mol benzena

diikutsertakan dalam reaksi, tingkat konversi adalah 92%. Jika, dengan analisis, ditemukan bahwa 9 kg mol dinitrobenzena ada dalam campuran produk, hasil preceptase ntrobenzene dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Persentase hasil nitrobenzene} = [(92 - 9)/92] \times 100 = 90,22$$

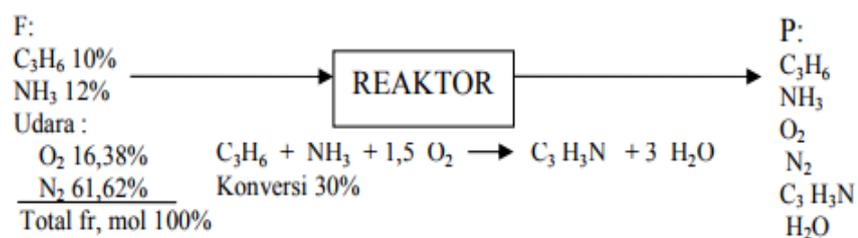
Contoh Soal Neraca Massa Dengan Reaksi Kimia

- Akilonitril diproduksi dengan mereaksikan propilen, amonia dan oksigen, seperti reaksi $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{NH}_3 + 1,5 \text{O}_2 \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_3\text{N} + 3 \text{H}_2\text{O}$
Umpan reaktor berisi 10% propilen, 12% amonia, dan 78% udara. Tentukan:
 - limiting reactant.
 - % excess reactant.
 - Jika konversi limiting reactant hanya 30%, berapa rasio (mol akilonitril/molNH3 umpan).
 - Komposisi di arus keluar reaktor.

Penyelesaian:

- skema diagram alir:

Komponen di arus produk (P) diprediksi berdasarkan data komposisi F, persamaan reaksi dan konversi.



- Analisis NM

Basis perhitungan : 100 gmol F

Basis Perhitungan adalah dasar yang dipakai untuk menyatakan nilai dari suatu parameter.

Dipilih F sebagai basis, karena data kuantitatif berupa komposisi lengkap



NM untuk menentukan limiting reactant

Komponen	Umpan, gmol	Reaksi, gmol	Sisa, gmol
C3H6	10	10	0
NH2	12	10	2
O2	16,38	15	1,38

Terlihat bahwa C3H6 habis bereaksi terlebih dahulu dibanding reaktan yang lain, maka C3H6 adalah limiting reactant.

Menentukan % excess:

$$\% \text{ excess NH}_3 = (2/10).100\% = 20\%$$

$$\% \text{ excess O}_2 = (1,38/15).100\% = 9,2\%$$

NM jika konversi = 30%:

Karena limiting reactant-nya adalah C3H6, maka konversi 30% adalah konversi C3H6.

$$30\% = \frac{\text{C}_3\text{H}_6 \text{ yang bereaksi}}{\text{C}_3\text{H}_6 \text{ umpan reaktor}}$$

$$\text{C}_3\text{H}_6 \text{ yang bereaksi} = 0,3.10 = 3 \text{ gmol}$$



Komponen	Umpan, gmol	Reaksi, gmol	Produk, gmol
C3H6	10	3	10-3 = 7
NH3	12	3	12-3 = 9
O2	16,38	4,5	11,88
N2	61,62	0	61,62
C3H3N	0	3	3
H2O	0	(3 . 3) = 9	9
TOTAL	100	22,5	101,5

Jadi rasio (mol akrilnitril/NH3 umpan)= 3 / 10

Komposisi arus di P:

Komponen	Produk, gmol	Komposisi
C3H6	10-3 = 7	(7/101,5)100% = 6,89%

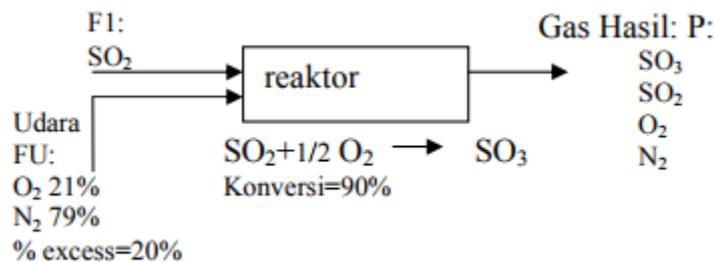
NH3	12-3 = 9	8,87%
O2	11,88	11,70%
N2	61,62	60,71%
C3H3N	3	2,96%
H2O	9	8,87%
P = 101,5		100%

2. Suatu reaktor digunakan untuk mengoksidasi SO₂ menjadi SO₃. Udara umpan berlebihan 20% dan konversi SO₂ hanya 90%. Tentukan komposisi gas hasil reaktor.

Penyelesaian:

- a. Skema diagram alir:

Komponen di arus produk (P) diprediksi berdasarkan data komposisi F1, FU, persamaan reaksi, konversi dan % excess.



- b. Basis perhitungan.

Basis Perhitungan adalah dasar yang dipakai untuk menyatakan nilai dari suatu parameter.

Diambil basis perhitungan = 100 mol F1.

- c. Neraca Massa di sekitar Reaktor:

NM SO₂ :

Input - reaksi = output

100 - reaksi = output

Berdasarkan data konversi:

$$\text{Konversi} = 90\% = \frac{\text{mol SO}_2 \text{ yang bereaksi}}{\text{mol SO}_2 \text{ umpan reaktor}}$$

Maka SO₂ yang bereaksi = 90%. 100 = 90 mol.

Jadi, SO_2 output = SO_2 dalam gas hasil = $100 - 90 = 10$ mol.

NM O₂:

Input – reaksi = Output

Berdasarkan persamaan reaksi, jika SO_2 yang bereaksi = 90 mol,
maka

O_2 yang bereaksi = $\frac{1}{2} \cdot 90 = 45$ mol.

Berdasarkan data % excess :

$$20\% = \frac{\text{mol O}_2 \text{ umpan} - \text{mol O}_2 \text{ yang bereaksi jika SO}_2 \text{ habis}}{\text{mol O}_2 \text{ jika SO}_2 \text{ habis bereaksi}}$$

maka O_2 umpan = $1,2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 100) = 60$ mol.

Maka NM O_2 menjadi :

O_2 output = O_2 dalam gas hasil = $60 - 45 = 15$ mol.

NM N₂:

Input = output

Jika O_2 umpan = 60 mol,

maka N_2 umpan = $(79\% / 21\%) \cdot 60 = 225,71$ mol.

NM SO₃:

Input + reaksi = output

0 + reaksi = output

Berdasarkan persamaan reaksi, jika SO_2 yang bereaksi = 90 mol,
maka :

SO_3 yang dihasilkan dari reaksi = 90 mol.

Maka: SO_3 output = SO_3 dalam gas hasil = 90 mol.

d. Rekapitulasi

Komponen	Umpan, gmol	Reaksi, gmol	Gas Hasil (P)	% mol dalam P
SO ₂	100	90	10	2,93
SO ₃	0	90	90	26,42
O ₂	60	45	15	4,40
N ₂	225,71	0	225,71	66,25
TOTAL	385,71	225	340,71	100

3. Chlorobenzene dinitrase dengan menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat. Dengan mempelajari tanaman piilot, muatan terdiri dari 100 kg chlorobenzene, 106,5 kg 65,5% (berat) asam nitrat dan 108 kg 93,6% (berat) Asam sulfur. Setelah dua jam operasi berlangsung, campuran terakhir dianalisis. Ditemukan bahwa produk akhir mengandung 2% chlorobenzene yang tidak bereaksi. Juga, distribusi produk ditemukan 66% *p*-nitrochlorobenzene dan 34% *o*-nitrochlorobenzene. Hitung (a) analisis biaya, (b) persentase konversi klorobenzena dan (c) komposisi campuran produk.

Jawaban :

Basis: 100 kg klorobenzene

Muatan terdiri dari klorobenzena dan asam campuran

HNO₃, pada biaya = $106,5 \times 0,655 = 69,758$ kg

H₂SO₄ pada biaya = $108,0 \times 0,936 = 101,088$ kg

Air pada biaya = $106,5 \times 0,345 + 108,0 \times 0,064 = 43,655$ kg

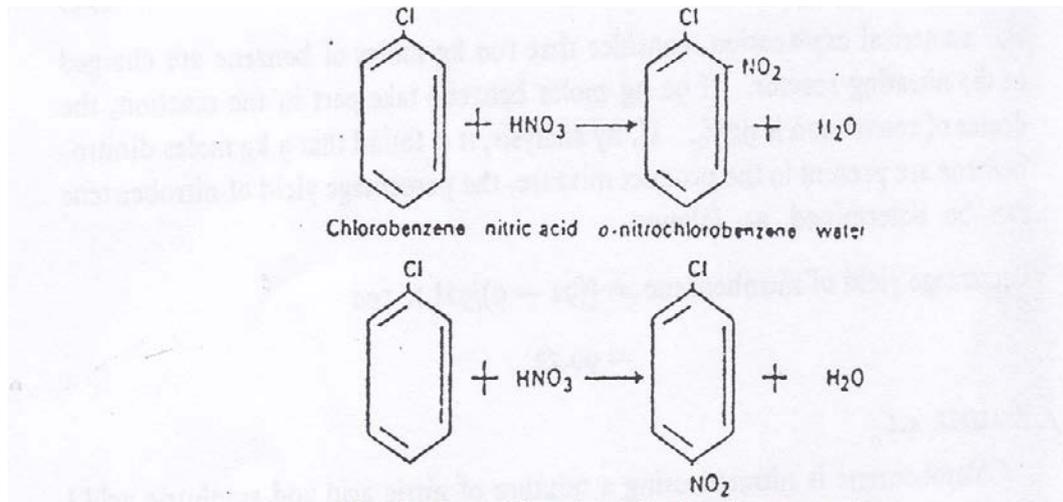
Analisis reaktan dapat ditabulasikan seperti ditunjukkan pada tabel(4.1)

TABEL 4,1 komposisi umpan

Komponen	Berat molekuler	biaya kg	Berat %
Cholorobenzene	112,5	100.000	31,80
HNO ₃	63,0	69,758	22,18
H ₂ SO ₄	98,0	101,088	32,14
H ₂ O	18,0	43,655	13,88
Total		314,501	100

Jawaban (a)

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah:



Seperti yang diberikan dalam masalah ini, hasil *p*-NCB adalah 66%. Karena total biaya (berat) tetap konstan, CB yang tidak bereaksi dalam produk = $314,5 \times 0,02 = 6,29$ kg

Jumlah CB yang bereaksi = $100 - 6,29 = 93,71$

Konversi CB = $(93,71/100) \times 100 = 93,71\%$

Jawaban (b)

Sisa Asam sulfat yang tidak bereaksi

Dari reaksi (1), dapat diketahui

1 kg mol CB \equiv 1 kg mol HNO₃

\equiv 1 kg mol NCB

\equiv 1 kg mol H₂O

Dengan demikian, 63 kg HNO₃ akan digunakan untuk mengubah 112,5 kg CB menjadi NCB

Total HNO₃ consumed = $(63/112,5) \times 93,71 = 52,478$ kg

HNO₃ yang tidak bereaksi = $69,758 - 52,478 = 17,28$ kg

Total NCB yang di produk = $(157,5/112,5) \times 93,71 = 131,194$ kg

p-NCB = $0,66 \times 131,194 = 86,588$ kg

$$o\text{-NCB} = 0,340,34 \times 131,194 = 44,606 \text{ kg}$$

$$\text{Air yang dihasilkan} = (18/112,5) \times 93,71 = 14,994 \text{ kg}$$

$$\text{Total air dalam campuran produk} = 43,655 + 14,994 = 58,649 \text{ kg}$$

Analisis akhir produk diberikan dalam tabel (4.2)

TABEL 4.2 Komposisi produk uap

Komponen	Berat(kg)	Berat(%)
CB	6,270	2,00
P-NCB	86,588	27,53
o-NCB	44,606	14,18
HNO ₃	17,280	5,49
H ₂ SO ₄	101,088	32,15
H ₂ O	58,649	18,65
Total	314,481	100,00

Jawaban (c)

BAB IV RECYCLING, PARALLEL, AND BYPASSING OPERATION

Operasional Recycle biasanya ditemukan dalam operasi unit dan juga reaksi kimia. Pengambilan ulang aliran tertentu dilakukan dengan berbagai alasan. Beberapa yang penting tercantum di bawah ini:

- I. untuk memanfaatkan produk berharga tersebut semaksimal mungkin dan untuk menghindari pemborosan, misalnya reaksi kimia.
- II. Untuk memanfaatkan panas yang hilang pada stream outgoing, misalnya udara panas mengering, mengkalsinasi garis di kiln dsb.
- III. untuk meningkatkan kinerja peralatan, mis. SO₂ tidak mudah dilarutkan dalam air murni namun relatif mudah larut dalam inoleum.
- IV. Dalam bab ini hanya unit operasi yang akan dipertimbangkan. Dalam bab 4 reaksi kimia dengan daur ulang akan dibahas.

Operasi daur ulang dengan reaksi kimia biasa dilakukan dalam proses industri. Hal ini terutama dilakukan untuk memanfaatkan nilai reaktan secara maksimal sehingga hiangnya reaktan berkurang. Dalam kebanyakan kasus, jumlah masuk dengan umpan bersih, yang perlu dibatasi pada tingkat yang diinginkan, dalam apa yang disebut "gabungan sampah" dari umpan bersih dan umpan daur ulang. Untuk membatasi jumlah, sebagian aliran daur ulang dibersihkan.

Untuk perhitungan material balance secara keseluruhan, arus daur ulang dapat menemukan tingkat arus masuk yang masuk seperti yang dijelaskan di bab 3. Setelah melampaui arus yang keluar, rasio daur ulang dapat dihitung dengan mudah.

Operasi paralel dan bypassing terjadi di industri. Material balance dari operasi ini mudah untuk dinilai daripada dalam kasus operasi daur ulang.

Contoh soal

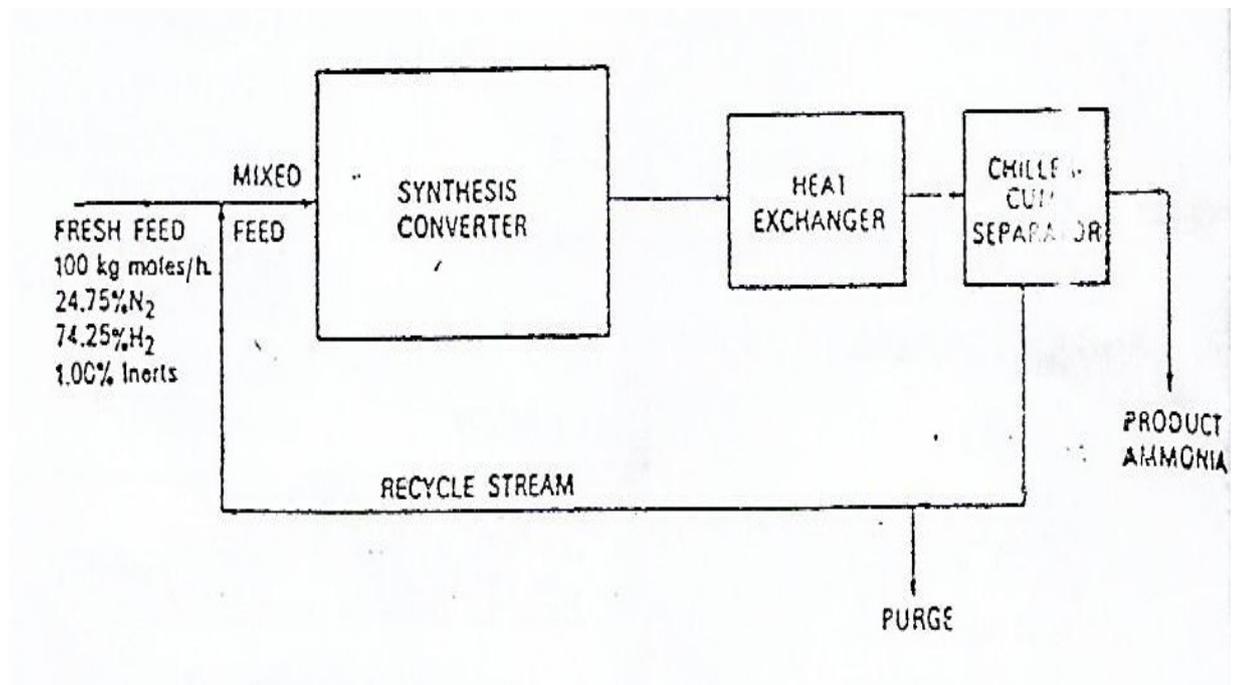
1. Suatu pabrik pupuk memproduksi amonia dengan mereformasi naphta dengan uap. Gas sintesis, yang diperoleh dari methanator, dilewatkan melalui konverter setelah dicampur dengan aliran daur ulang. Berdasarkan persamaan operasi parameter pada konverter, konversi setiap yang hilang dibatasi hingga 25%. Komposisi umpan bersih "gas sintesis" adalah CH₄ 0.7%, A: 0.3%, H₂ 74,2s%, dan N₂ 24,75% pada basis mol. Gas keluaran konverter hilang melewati alat penukar panas dimana alat itu mendingin. Kemudian, gas dibuang melalui pemisah chiller-cum yang memisahkan 65% amonia yang ada di keluaran gas konverter. Gas yang tidak terkondensasi dan amonia didaur ulang kembali. Untuk membatasi

konsentrasi inert (CH₄ + A) untuk mole 10 % dalam umpan campuran, sebagian aliran daur ulang dibersihkan.

Basis di suatu umpan bersih melaju dari 100 kg/h, membuat perhitungan mengikuti; (a) tingkat umpan daur ulang dan perbandingan daur ulang, (b) tingkat gas murni, (c) tingkat produk amonia dan (d) komposisi dari berbagai aliran.

Solusi :

Diagram alir proses digambarkan secara skematis



Basis : 100 kg mol/h umpan bersih

Membiarkan M, F dan R masing-masing menjadi mol/jam dari campuran umpan untuk konvert, umpan bersih, dan aliran daur ulang. Keseimbangan bahan umpan:

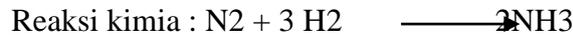
$$F + R = M$$

$$M = 100 + R$$

Biarkan menjadi kg mol/jam dari N₂ dalam campuran umpan.

H₂ dalam umpan campuran = 3a kg mol/jam

$$\begin{aligned} \text{Inerts (CH}_4 + \text{A) dalam campuran umpan} &= 0,1 \text{ M kg mol/jam} \\ \text{Ammonia di umpan campuran} &= M - a - 3a - 0,1 \text{ M} \\ &= (0,9 \text{ M} - 4a) \text{ kg mol/jam} \end{aligned}$$



Konversi per pass = 25%

N₂ direaksikan dalam konverter = 0,25a kg mol/jam

H₂ direaksikan dalam konverter = 3 x 0,25a = 0,75a kg mol/jam

NH₃ diproduksi dalam konverter = 2 x 0,25a = 0,50a kg mol/jam

Total campuran gas yang melepaskan konverter = M - 0,25a - 0,750 + 0,50a
= (M - 0,5a) kg mol/jam

Total NH₃ in the outlet gas = 0,5a + 0,9 M - 4a
= (0,9 M - 3,5a) Kg mol/jam

NH₃ terpisah di dalam pemisah = (0,9 M - 3,5a) 0,65
= (0,585 M - 2,275a) kg mol/jam

NH₃ tidak berkondensasi = (0,9 M - 3,5a) 0,35
= (0,315 M - 1,225a) kg mol/jam

Nilai di atas tercantum dalam tabel

Komponen	kg mol/jam
N ₂	0,75a
H ₂	2,25a
N ₃	0,315 M - 1,225a
Inerts (CH ₄ + A)	0,1 M
Total	0,415 M + 1,775a

Biarkan pembersihan menjadi P kg mol/jam.

Untuk tingkat inerts yang dipertahankan dalam umpan bersih, inerts yang habis dengan pembersihan harus sama dengan inerts di umpan bersih.

Inerts dalam pembersih = 0,1 MP / (0,415 M + 1,775a) kg mol/jam

Inerts dalam umpan bersih = 100 x 0,01 = 1,0 kg mol/jam

Didapat 0,1 MP / (0,415 M + 1,775a) = 1,0

Aliran umpan balik = (0,415 M + 1,775a - P) kg mol/jam (2)

Mensubstitusi nilai di pers (1)

$$100 + 0,415 \text{ M} - \text{P} + 1,775\text{a} = \text{M} \quad (3)$$

Keseimbangan nitrogen :

Nitrogen hilang dalam pembersih = 0,75a P / (0,415 M + 1,775a) kg mol/jam

N_2 dalam aliran daur ulang = $0,75a - [0,75aP/(0,415M + 1,775a)]$ kg mol/jam

N_2 dalam umpan bersih = 24,75 kg mol/jam

Karenanya

$$0,75a - [0,75aP/(0,415M + 1,775a)] + 24,75 = a \quad (4)$$

Pers 2,3,4 di atas perlu dipecahkan untuk mengevaluasi a, M dan P.

Substitusi dari $0,415 M + 1,775a = 0,1 MP$ (dari pers 2) dipers (4)

$$0,75a - [0,75a P / 0,1 MP] + 24,75 = a$$

$$a = 24,75 M / (0,25 M + 7,5)$$

$$\text{Dari pers (2), } P = (4,15 M + 17,75a)$$

Substitusi nilai P dalam pers (3)

$$0,585 M - 1,775a + (4,15 M + 17,75a) / M = 100$$

$$\text{Atau, } 0,585 M^2 - 1,775M + 4,15 M + 17,75a = 100 M$$

Substitusi nilai dari pers (5) ke dalam pers (6)

$$0,585 M^2 - 1,775 M [24,75 M / (0,25 M + 7,5)] - 95,85M + 17,75 \times [24,75M / (0,25 M / (0,25 M + 7,5))] = 0$$

Menyederhanakan pers (7)

$$0,146M^2 - 63,506 M - 288,437 = 0$$

$$M = 439,468 \text{ kg mol/jam}$$

Dari pers (5)

$$a = (24,75 \times 439,468) / (0,25 \times 439,468 + 7,5)$$

$$= 92,674 \text{ kg mol/jam}$$

Dari pers (2)

$$P = (415 \times 439,468 + 17,75 \times 92,674) / 439,468 = 7,893 \text{ kg mol/jam}$$

$$\text{Aliran daur ulang } R = 439,468 - 100 = 339,468 \text{ kg mol/jam}$$

$$\text{Perbandingan daur ulang} = 339,468 / 100$$

$$= 3,395 \text{ kg mol/kg mol umpan bersih}$$

$$\text{Tingkat produk } NH_3 = 0,585M - 439,468 - 2,275 \times 92,674$$

$$= 46,256 \text{ kg mol/jam}$$

$$\text{Tingkat berat produk } NH_3 = 46,256 \times 17,031$$

$$= 787,78 \text{ kg/jam}$$

Komposisi berbagai aliran terdapat di tabel 4.9 (A) dan 4.9 (B)

TABLE 4.9 (A) COMPOSITION OF DIFFERENT STREAMS

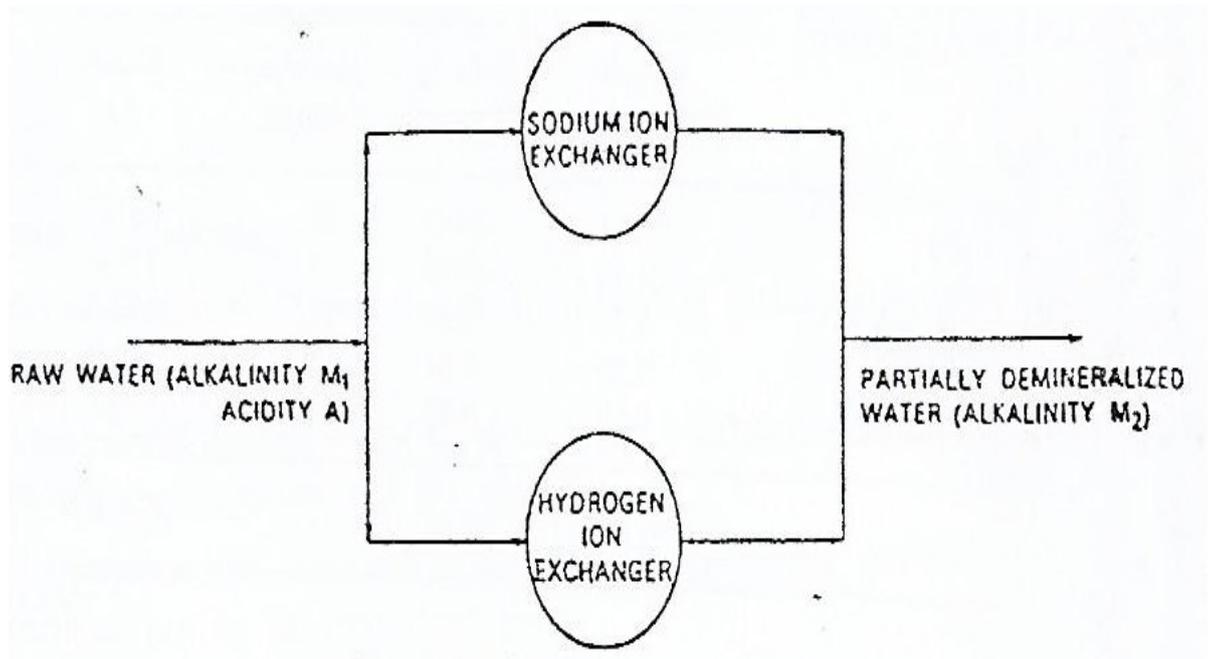
Component	Fresh Feed		Recycle Stream		Mixed Feed	
	kg moles/h	Mole %	kg moles/h	Mole %	kg moles/h	Mole %
N ₂	24.75	24.75	67.924	20.01	92.674	21.09
H ₂	74.25	74.25	203.772	60.03	278.022	63.26
(CH ₄ + A)	1.00	1.00	42.947	12.65	43.947	10.00
NH ₃	Nil	Nil	24.825	7.31	24.825	5.65
Total	100.00	100.00	339.468	100.00	439.468	100.00

TABLE 4.9 (B) COMPOSITION OF DIFFERENT STREAMS

Component	Converter outlet stream		Gas stream after separator	
	kg moles/h	Mole %	kg moles/h	Mole %
N ₂	69.506	17.68	69.506	20.04
H ₂	208.517	53.04	208.517	60.11
(CH ₄ + A)	43.947	11.18	43.947	12.67
NH ₃	71.162	18.10	24.906	7.18
Total	393.132	100.00	346.876	100.00

Catatan: Contoh mengilustrasikan perhitungan perancangan aktual dari lingkaran daur ulang. Bagaimanapun, jika diasumsikan bahwa keseluruhan amonia yang terbentuk dalam konverter dikondensasi dan dipisahkan dalam pemisah, perhitungan keseimbangan material menjadi sederhana.

2. Dalam proses demineralisasi parsial (proses campuran), air baku dibagi menjadi dua aliran. Satu aliran melewati penukar ion natrium sementara aliran lainnya melewati penukar ion hidrogen.



Dalam demineralisasi parsial tertentu, analisis air baku diamati sebagai berikut.

Total alkanitas (pembaca metil jingga) = 550 ppm CaCO_3

Kekerasan permanen = Nil

Klorida sebagai Cl = 312 ppm

Sulfat sebagai SO_4 = 43,2 ppm

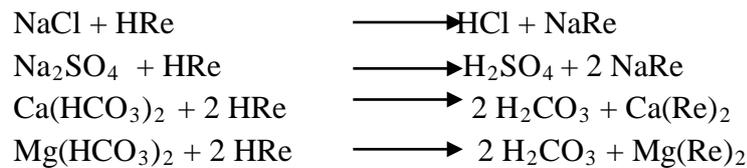
Sample campuran ion natrium dan penukar ion hidrogen telah didapat mengandung alkanitas total dari 50 ppm CaCO_3 . Asumsikan bahwa penukar ion 100% efisien. Hitung distribusi aliran air melalui penukar ion.

Solusi :

Karena air tidak mengandung kekeraan permanen, klorida dan sulfat dilekatkan pada natrium (dengan asumsi air tidak mengandung potasium). Bila bahan mentah melewati penukar ion hidrogen, klorida dan sulfat diubah menjadi asam mineral yang sesuai, i.e. HCl dan H_2SO_4 refdfx. Masing-masing bikarbonat dan karbonat menghasilkan asam karbonat lemah (H_2CO_3). Dengan demikian, air yang didekorasi menunjukkan keasaman bebas. Ketik air melewati pelembut (penukar ion natrium), ion Ca^{++} dan Mg^{++} digantikan oleh ion Na^+ . Ini berarti bahwa $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ dikonversi menjadi NaHCO_2 . Air yang dilunakkan memiliki alkanitas total yang sama bila dinyatakan dalam ekivalen CaCO_3 (meski akan bervariasi).

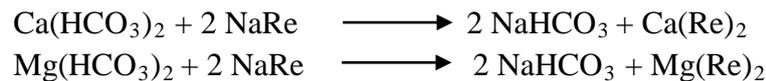
Reaksi yang terjadi pada penukar ion diringkas sebagai berikut.

Penukar ion hidrogen :



(Re adalah singkatan dari Resin)

Penukar ion natrium :



$$\begin{aligned}
 \text{Klorida, menunjukkan setara dengan CaCO}_3 &= (50 / 35,5) \times 312 \\
 &= 493,44 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sulfat, menunjukkan setara dengan CaCO}_3 &= (50 / 48) \times 43,2 \\
 &= 45,0 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keasaman mineral setara dengan air baku, A} &= 439,44 + 45,0 \\
 &= 484,44 \text{ ppm CaCO}_3
 \end{aligned}$$

Biarkan 100 liter menjadi total saluran masuk air baku ke penukar ion. Kemudian, biarkan x liter menjadi air baku yang masuk ke penukar ion hidrogen.

Masukkan air ke penukar ion natrium = (100 – x) liter.

Keasaman bebas dalam air demineraliasi = x (A + M₁) mg dimana M₁ adalah total alkanitas total air baku.

Biarkan M₂ menjadi alkanitas total air campuran.

Total alkanitas yang tergeser = 100 (M₁ – M₂) mg

Untuk netralisasi menjadi seimbang

$$x (A + M_1) = 100 (M_1 + M_2)$$

$$x/100 = (M_1 + M_2) / (A + M_2) = (550 - 50) / (484,44 + 550) = 48,34$$

Demikian, 48,44% dari total air baku melewati penukar ion hidrogen dituliskan karena semua nilai keasaman dan alkanitas dinyatakan dalam istilah CaCO₃ setara.

Pertimbangkan operasi lain di mana tidak ada penukar ion natrium. Namun, sebagian dari air baku melewati penukar ion hidrogen dan sisanya dilewati untuk dicampur dengan air yang didekorasi. Apakah distribusi aliran (i. e. 48,34%) berubah untuk mencapai alkanitas total 50 ppm dalam air campuran? Mengapa?

3. Sebuah pabrik AC digunakan untuk menjaga suhu $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ dry bulb (DB) dan kelembaban relatif 80% (RH) di auditorium. Laju alir udara ke auditorium diukur sebesar $20900\text{ m}^3/\text{h}$ pada $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ DB dan RH 83,5%. Udara efluen dari auditorium sebagian didaur ulang dan dicampur dengan air due baru yang masuk dengan alasan ekonomi. Udara ambien segar diberi makan pada kecepatan $4.500\text{ m}^3/\text{h}$ jam pada $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ DB dan 70% RH. Udara campuran ditemukan memiliki $29,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ DB dan RH 54% dan dilewatkan melalui pabrik pendingin udara untuk membuatnya Cocok untuk makan ke auditorium. Untuk semua tujuan praktis, tekanan total dapat diasumsikan 760 mmHg .

Tabel 3.2 memberikan kelembaban molal. (Lihat gambar 6.6 untuk data nilai kelembaban absolut untuk berbagai kondisi udara).

Aliran	Suhu umbi kering ($^{\circ}\text{C}$)	Kelembaban relatif (%)	Kelembaban molal mutlak (kg mol/kg mol udara kering)
Udara segar	35	70	0,0405
Udara campuran	29,5	54	0,0225
Udara masuk ke dalam auditorium	17	84	0,0163
Udara keluar dari auditorium	27	50	0,0181

Gambar 3.3 menunjukkan diagram alir pabrik pendingin udara di atas.

- hitung kelembaban yang dilepas di pabrik pendingin udara
- hitung kelembaban yang ditambahkan di auditorium
- hitung rasio daur ulang sebagai mol daur ulang udara per mol input udara segar.

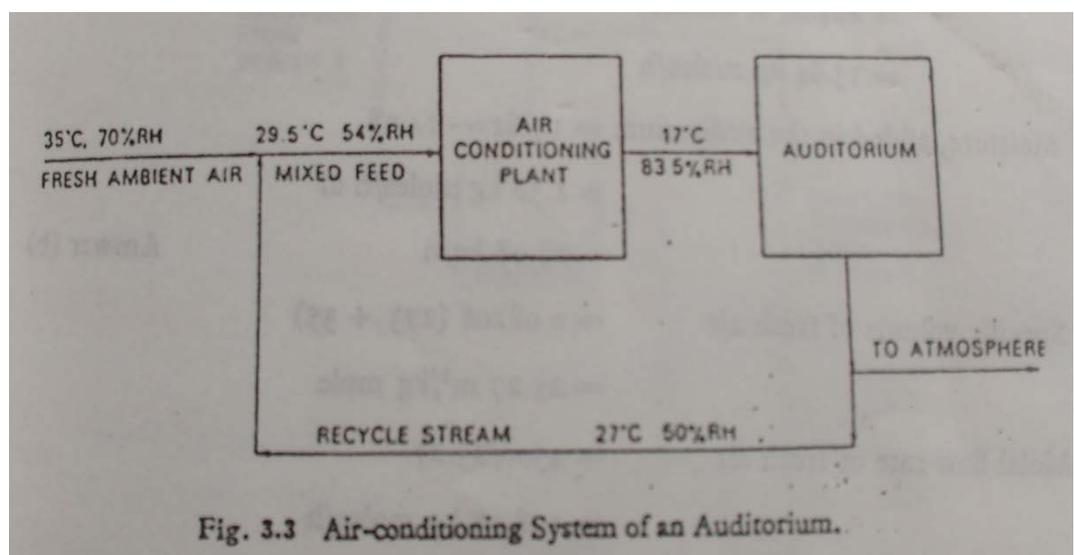


Fig. 3.3 Air-conditioning System of an Auditorium.

Larutan

Basis $4500 \text{ m}^3/\text{jam}$ umpan udara ambien segar, dan $20900 \text{ m}^3/\text{jam}$ udara masuk ke auditorium Volume udara lembab yang spesifik pada suhu 17 C dan $760 \text{ mmHg} = 0,08206 \times (273 + 17) = 23,80 \text{ m}^3/\text{kgmol}$ Laju aliran molal udara, memasuki auditorium
 $= 20900/23,8 = 878,12 \text{ kg mol / jam}$

Kelembaban yang menyertai udara = $878,12 \times 0,0163 / 1,0163$
 $= 14,08 \text{ kg mol / jam}$

Aliran udara kering = $878,12 - 14,08 = 864,04 \text{ kg mol / h}$
 Di pabrik AC, kelembaban akan dihapus seperti yang terlihat dari tabel 3.2. Namun laju alir udara kering tetap tidak berubah.

Kelembaban di udara, masuk ke pabrik pendingin udara (mixed air) =
 $0,0225 \times 854,04 = 19,44 \text{ kg mol / jam}$

Kelembaban dilepaskan di pabrik pendingin ruangan
 $= 19,44 - 14,08 = 5,36 \text{ kg mol/jam}$ (jawaban a)

Di auditorium, udara mengambil kelembaban seperti yang terlihat dari tabel 3.2 di sini juga, laju alir udara kering tidak berubah.

Kelembaban di udara, melepaskan auditorium
 $= 864,04 \times 0,0181 = 15,64 \text{ kg mol/jam}$

Kelembaban, ditambahkan di auditorium = $15,64 - 14,08$
 $= 1,56 \text{ kg mol/jam}$ (jawaban b)

Volume tertentu dari udara segar = $0,08206 (273 + 35) = 25,27$
 m^3/kgmol

Laju alir molal udara segar = $4500 / 25.27 = 178,08 \text{ Kg mol/jam}$

kelembaban di udara segar = $(0,0405 / 1,0405) \times 178,08$
 $= 6.93 \text{ kg mol/jam}$

Uap air dalam aliran daur ulang = kelembaban dalam pakan campuran, masuk ke pabrik pendingin udara - kelembaban di udara segar.
 $= 19,44 - 6,93 = 12,51 \text{ kg mol/jam}$

$$\begin{aligned}\text{Aliran udara kering di aliran daur ulang} &= 864,04 - 171,15 \\ &= 692,89 \text{ kg mol/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju alir molal dari aliran daur ulang} &= 692,89 + 12,51 \\ &= 705,4 \text{ kg mol/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Rasio daur ulang} = 705,4 / 178,08 = 3,96 \text{ kg mol}$$

BAB V

NERACA MASSA DENGAN ELEKTROKIMIA

A. Pengertian Sel Elektrokimia

Definisi elektrokimia adalah ilmu yang mempelajari aksi antara sifat-sifat listrik dengan reaksi kimia. Misalnya perubahan energi kimia menjadi energi listrik pada elemen elektrokimia, reaksi Reduksi-oksidasi secara spontan pada elemen yang dijadikan sumber arus listrik, dan perpindahan elektron dalam larutan elektrolit dan terjadi pada aki. Elektrokimia ini dikenal dengan dalam bahasa Inggrisnya adalah electro chemistry.

Adapun berbagai definisi elektrokimia lainnya yaitu

1. Elektrokimia adalah cabang kimia yang mempelajari reaksi kimia yang berlangsung dalam larutan pada antarmuka konduktor elektron (logam atau semikonduktor) dan konduktor ionik (elektrolit), dan melibatkan perpindahan elektron antara elektroda dan elektrolit atau sejenis dalam larutan. Jika reaksi kimia didorong oleh tegangan eksternal, maka akan seperti elektrolisis, atau jika tegangan yang dibuat oleh reaksi kimia seperti di baterai, maka akan terjadi reaksi elektrokimia. Sebaliknya, reaksi kimia terjadi di mana elektron yang ditransfer antara molekul yang disebut oksidasi / reduksi (redoks) reaksi. Secara umum, elektrokimia berkaitan dengan situasi di mana oksidasi dan reduksi reaksi dipisahkan dalam ruang atau waktu, dihubungkan oleh sebuah sirkuit listrik eksternal.
2. Elektrokimia adalah ilmu tentang hubungan antara senyawa listrik dan kimia. Elektrokimia merupakan studi yang mempelajari bagaimana reaksi kimia dapat menimbulkan tegangan listrik dan tegangan listrik terbalik dapat menyebabkan reaksi kimia dalam sel elektrokimia. Konversi energi dari bentuk kimia ke bentuk listrik dan sebaliknya adalah inti dari elektrokimia. Ada dua jenis sel elektrokimia, yaitu sel galvanik dan elektrolit. Sel galvanik adalah sel yang menghasilkan tenaga listrik ketika sel mengalami reaksi kimia sedangkan Sel elektrolit adalah sel yang mengalami reaksi kimia ketika tegangan listrik diterapkan. Elektrolisis dan korosi adalah contoh dari proses penting seperti yang ada pada elektrokimia. Prinsip-prinsip dasar elektrokimia didasarkan pada rasio tegangan antara dua zat dan memiliki kemampuan untuk bereaksi satu sama lain. Semakin lama logam

dalam elemen galvanik yang terpisah dalam seri tegangan elektrokimia, semakin kuat listrik akan terekstrak. Teori Elektro-kimia dan metode elektrokimia memiliki aplikasi praktis dalam teknologi dan industri dalam banyak cara. Penemuan dan pemahaman reaksi elektrokimia telah memberikan kontribusi untuk mengembangkan sel bahan bakar dan baterai, dan pemahaman logam relatif terhadap satu sama lain dalam elektrolisis dan korosi.

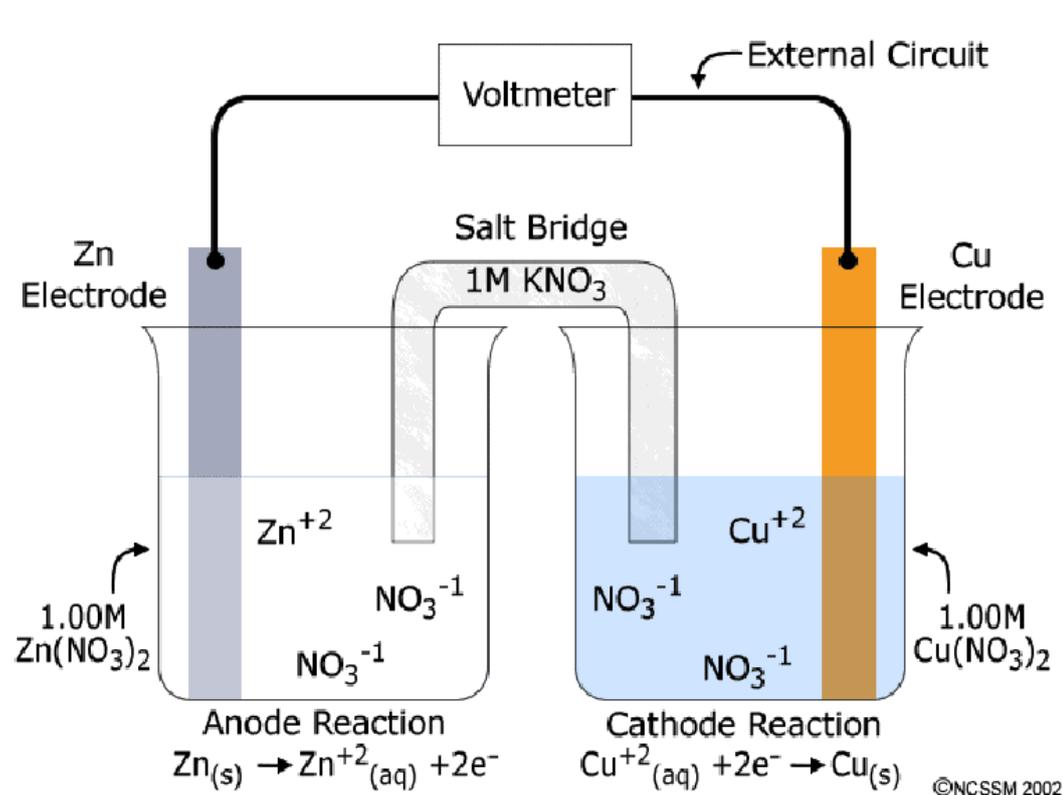
B. Penggolongan Elektrokimia dan Peran Jembatan Garam

Elektrokimia adalah hubungan reaksi kimia dengan gaya gerak listrik (aliran electron). Adapun penggolongan elektrokimia terdiri dari dua macam, yaitu :

- Reaksi kimia menghasilkan daya gerak listrik (Sel Gallvani)
- Daya gerak listrik menghasilkan reaksi kimia (Sel Elektrolisa)

Alat yang digunakan untuk mempelajari elektrokimia disebut sel elektrokimia. Sel elektrokimia adalah sistem yang terdiri dari elektroda yang tercelup pada larutan elektrolit. Elektrokimia terbagi menjadi 2 jenis yaitu Sel Volta dan Sel Elektrolisis

1. Sel Gallvani/Sel Volta



Pada gambar di atas, logam Zn akan mengalami oksidasi, sedangkan logam Cu akan mengalami reduksi. Reaksi kimianya adalah :



Fungsi dari jembatan garam adalah untuk menetralkan kelebihan anion dan kation pada larutan dan untuk menutup rangkaian sehingga reaksi dapat berlangsung terus-menerus.

Prinsip-prinsip Sel Volta atau Sel Galvani:

- Gerakan electron dalam sirkuit eksternal akibat adanya reaksi redoks.
- Terjadi perubahan energi kimia \rightarrow energi listrik
- Pada anoda, electron adalah produk dari reaksi oksidasi (anoda kutub negative)
- Pada katoda, electron adalah reaktan dari reaksi reduksi (katoda kutub positif)
- Arus electron mengalir dari anoda ke katoda, arus listrik mengalir dari katoda \rightarrow anoda.
- Jembatan garam menyetimbangkan ion-ion dalam larutan.

Konsep-Konsep Sel Volta

- Deret Volta :

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Pt, Au

Makin ke kanan, mudah direduksi atau sukar dioksidasi. Makin ke kiri mudah dioksidasi, makin aktif dan sukar direduksi.

- Notasi Sel

Contoh : $\text{Zn}/\text{Zn}^{+2} // \text{Cu}^{+2}/\text{Cu}$

Dimana : / = potensial $\frac{1}{2}$ sel

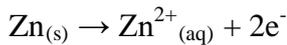
// = potensial sambungan sel (jembatan garam)

1. Macam-Macam Sel Volta

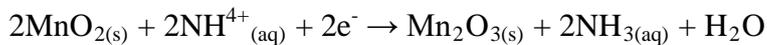
➤ Sel Kering atau Sel Leclanche

Sel ini sering dipakai untuk radio, tape, senter, mainan anak-anak, dll. Katodanya sebagai terminal positif terdiri atas karbon (dalam bentuk grafit) terlindungi oleh pasta karbon, MnO_2 dan NH_4Cl_2 . Anodanya adalah lapisan luar yang terbuat dari seng dan muncul dibagian bawah baterai sebagai terminal negatif.

Reaksi Anoda adalah oksidasi dari seng :



Reaksi Katoda :



Amonia yang terbentuk pada katoda akan bereaksi dengan Zn^{2+} yang dihasilkan pada anoda dan membentuk ion $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$

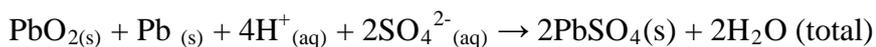
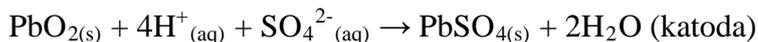
➤ 2) Sel Aki

ü Katoda : PbO_2

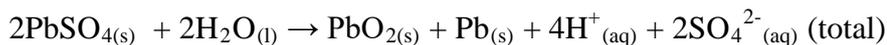
ü Anoda : Pb

ü Elektrolit : Larutan H_2SO_4

Reaksinya adalah sebagai berikut :



Pada saat selnya berfungsi, konsentrasi asam sulfat akan berkurang karena ia terlibat dalam reaksi tersebut. Keuntungan dari baterai jenis ini adalah bahwa ia dapat diisi ulang (recharge) dengan memberinya tegangan dari sumber luar melalui proses elektrolisis, dengan reaksi :



Kerugian dari baterai jenis ini adalah, secara bentuk, ia terlalu berat dan lagi ia mengandung asam sulfat yang dapat saja tercecer ketika dipindah-pindahkan.

➤ Sel Bahan Bakar

Sel bahan bakar adalah suatu sel Galvani dimana selalu tersedia pereaksi yang dialirkan ke elektroda sehingga sel selalu bekerja secara kontinyu. Sel Bacon terdiri dari anoda nikel dan katoda nikel. Nikel oksida dengan elektrolit larutan KOH. Elektroda tersebut berpori dan gas- gas berdifusi sehingga bersentuhan dengan elektroda.



➤ Baterai Ni-Cd

Disebut juga baterai ni-cad yang dapat diisi ulang muatannya dan yang umum dipakai pada alat-alat elektronik peka. Potensialnya adalah 1,4 Volt.

Katodanya adalah NiO_2 dengan sedikit air

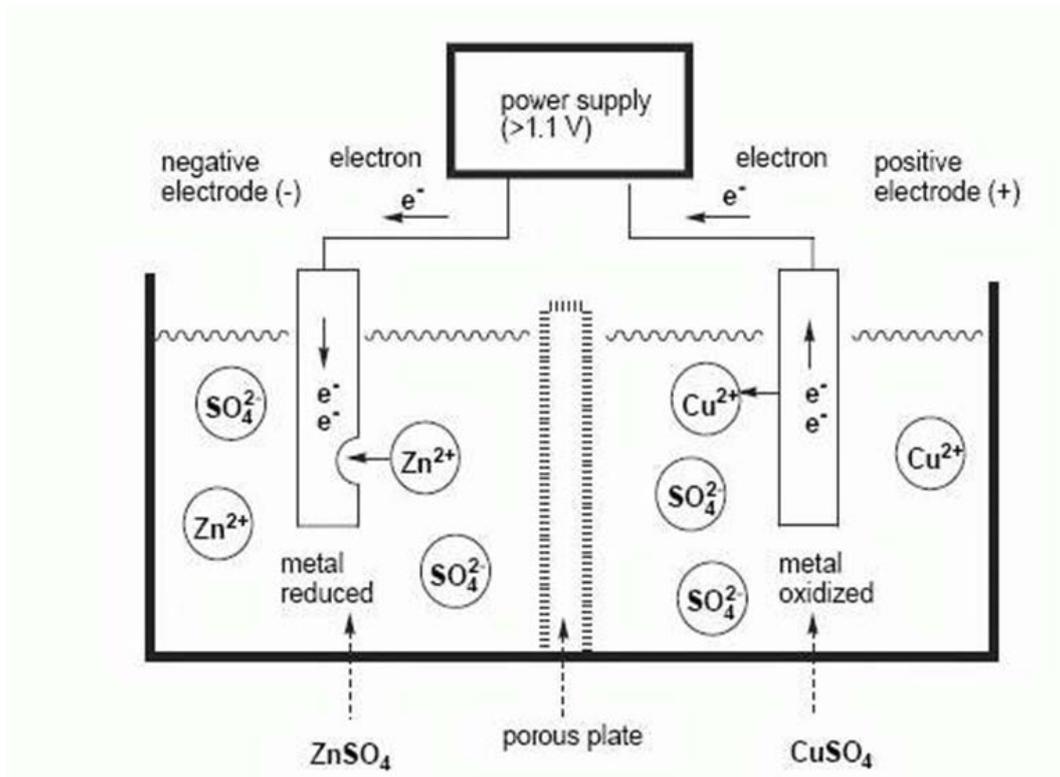
Anodanya adalah Cd

Reaksinya adalah sebagai berikut :



Baterai ini lebih mahal dari baterai biasa.

2. Sel Elektrolisis



Sel elektrolisis adalah arus listrik yang menimbulkan reaksi redoks. Pada sel elektrolisis, katoda akan tereduksi dan anoda yang akan teroksidasi. Pada katoda, terdapat 2 kemungkinan zat yang ada, yaitu:

.

Kation (K^+)

· Air (H_2O) (bisa ada atau tidak ada tergantung dari apa yang disebutkan, cairan atau lelehan).

Pada anoda, terdapat 3 (tiga) kemungkinan zat yang ada, yaitu :

· Anion (A^-)

· Air (H_2O) (bisa ada atau tidak ada tergantung dari apa yang disebutkan, cairan atau lelehan)

· Elektroda. Elektroda ada dua macam, antara lain inert (tidak mudah bereaksi, seperti Platina (Pt), emas (Aurum/Au), dan karbon (C)) dan tidak inert (mudah bereaksi, zat lainnya selain Pt, C, dan Au).

Ada berbagai macam reaksi pada sel elektrolisis, yaitu :

1) Reaksi yang terjadi pada katoda

Ø Jika kation merupakan logam golongan IA (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr), IIA (Be, Mg, Cr, Sr, Ba, Ra), Al dan Mn.

Ø Jika kationnya berupa H^+ .

Ø Jika kation berupa logam lain, maka reaksinya $(nama\ logam)^{x+} + xe \rightarrow (nama\ logam)$

2) Reaksi yang terjadi pada anoda

Ø Jika elektroda inert (Pt, C, dan Au), ada 3 macam reaksi :

Jika anionnya sisa asam oksida (misalnya NO_3^- , SO_4^{2-}), maka reaksinya $2 H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4 e$

Jika anionnya OH^- , maka reaksinya $4 OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4 e$

Jika anionnya berupa halida (F^- , Cl^- , Br^-), maka reaksinya adalah $2 X(halida) \rightarrow X(halida)_2 + 2 e$

Ø Jika elektroda tak inert (selain tiga macam di atas), maka reaksinya $L^{x+} + xe$

C. Potensial Sel Standard dan Konstanta Kesetimbangan Reaksi Sel

a. Potensial Sel Standar

Potensial sel adalah Gaya yang dibutuhkan untuk mendorong elektron melalui sirkuit eksternal.

Elektroda tersusun dari elektroda itu sendiri dan bahan kimia (*reagents*) yang terlibat. Sel elektrokimia umumnya tersusun atas dua elektroda. Setiap elektroda disebut sebagai setengah sel (*half cell*). Reaksi yang terjadi pada tiap elektroda disebut reaksi setengah sel atau reaksi elektroda. Berdasarkan jenisnya, elektroda dapat digolongkan menjadi :

1. Elektroda Logam-ion logam

Yaitu elektroda yang berisi logam yang berada dalam kesetimbangan dengan larutan ionnya, contohnya elektroda $Cu | Cu^{2+}$.

2. Elektroda Amalgam

Amalgam adalah larutan logam dalam Hg cair. Pada elektroda ini, amalgam logam M akan berada dalam kesetimbangan dengan ionnya (M^{2+}). Logam – logam aktif seperti Na dan Ca dapat digunakan sebagai elektroda amalgam.

3. Elektroda Redoks

Yaitu elektroda yang melibatkan reaksi reduksi – oksidasi di dalamnya, contohnya elektroda $\text{Pt} | \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}$.

4. Elektroda Logam – Garam tak Larut

Elektroda ini berisi logam M yang berada dalam kesetimbangan dengan garam sangat sedikit larutnya $\text{M}_{\nu+}\text{X}_{\nu-}$ dan larutan yang jenuh dengan $\text{M}_{\nu+}\text{X}_{\nu-}$ serta mengandung garam atau asam terlarut dengan anion X^{z-} .

Contoh : elektroda Ag – AgCl yang terdiri dari logam Ag, padatan AgCl, dan larutan yang mengandung ion Cl^- dari KCl atau HCl.

5. Elektroda Gas

Yaitu elektroda yang berisi gas yang berada dalam kesetimbangan dengan ion-ion dalam larutan, misalnya elektroda $\text{Pt} | \text{H}_{2(\text{g})} | \text{H}^+_{(\text{aq})}$.

6. Elektroda Non Logam – Non Gas

Yaitu elektroda yang berisi unsure selain logam dan gas, misalnya elektroda Brom ($\text{Pt} | \text{Br}_{2(\text{l})} | \text{Br}^-_{(\text{aq})}$) dan yodium ($\text{Pt} | \text{I}_{2(\text{s})} | \text{I}^-_{(\text{aq})}$).

7. Elektroda Membran

Yaitu elektroda yang mengandung membrane semi permeabel. Untuk menggerakkan muatan dari satu titik ke titik lain diperlukan beda potensial listrik antara kedua muatan. Beda potensial diukur antara dua elektroda yaitu elektroda pengukur dan elektroda pembanding. Sebagai elektroda pembanding umumnya digunakan elektroda hydrogen ($\text{H}^+ | \text{H}_2 | \text{Pt}$) atau elektroda kolamel ($\text{Cl}^- | \text{Hg}_2\text{Cl}_{2(\text{s})} | \text{Hg}$). Beda potensial inilah yang dinyatakan sebagai daya gerak listrik (DGL).

Bila elektroda pengukur mempunyai nilai lebih besar dari elektroda hydrogen (bernilai positif), maka elektroda tersebut mempunyai kecenderungan untuk tereduksi (bersifat oksidator). Sedangkan bila elektroda pengukur mempunyai nilai lebih kecil dari elektroda hydrogen (bernilai negatif), maka elektroda tersebut mempunyai kecenderungan untuk teroksidasi (bersifat reduktor). Karena reaksi setengah sel pada elektroda

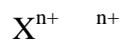
ditulis dalam bentuk reduksi, maka nilai potensial elektroda standar juga dapat disebut potensial reduksi standar.

Potensial sel tergantung pada suhu, konsentrasi ion dan tekanan parsial gas dalam sel; Potensial sel standar E^0 sel : potensial pada 25°C , konsentrasi ion 1 M dan tekanan parsial 1 atm.

Potensial sel standar dihitung dengan menggunakan potensial-potensial standar zat-zat yang mengalami redoks.

Diagram/ notasi sel dilambangkan :

Oksidasi



$$E^0_{\text{sel}} = E^0_{\text{red}} - E^0_{\text{oks}}$$

E^0_{oks} = potensial standar zat yang mengalami oksidasi

E^0_{red} = potensial standar zat yang mengalami reduksi

Kanan dan kiri disini hanya berhubungan dengan notasi sel, tidak berhubungan dengan susunan fisik sel tersebut di laboratorium. Jadi yang diukur di laboratorium dengan potensiometer adalah emf dari sel sebagai volta atau sel galvani, dengan emf > 0 .

Contoh:

Diketahui data:



Tentukan:

- Persamaan kimia
- Notasi sel
- E^0 sel

Pembahasan :

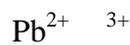


- Persamaan elektrokimia



b. Notasi sel

Oksidasi



c. E^0 sel

$$E^0_{\text{sel}} = E^0_{\text{reduksi}} - E^0_{\text{oksidasi}}$$

$$= -0,34 - (-0,76)$$

$$= +0,44 \text{ volt}$$

Jika potensial elektroda berharga positif, artinya elektroda tersebut lebih mudah mengalami reduksi daripada H^+ , dan jika potensial elektroda berharga negatif artinya elektroda tersebut lebih sulit untuk mengalami reduksi dibandingkan dengan H^+ .

Jadi, potensial elektroda berharga positif, berarti elektroda tersebut lebih mudah mengalami reduksi daripada H^+ .

D. Konstanta Keseimbangan Reaksi Sel

Setiap reaksi kimia dapat dituliskan sebagai kombinasi dari dua buah reaksi setengah sel sehingga potensial sel dapat diasosiasikan dengannya. Nilai ΔG ditentukan oleh relasi $nF\varepsilon = -\Delta G$. kondisi keseimbangan untuk setiap reaksi kimia adalah $\Delta G^0 = -nF^0$, kita dapat menulis :

$$RT \ln K = nF^0,$$

$$\ln K =$$

karna,

sehingga,

$$\text{Log}_{10}K = \dots\dots\dots (1)$$

Dengan memakai persamaan (1), kita dapat menghitung konstanta keseimbangan untuk setiap reaksi dari potensial sel standar yang pada gilirannya dapat diperoleh dari nilai-nilai pada tabel potensial setengah sel standar.

Setengah Reaksi	E^0 (Volt)
$\text{Li(s)} \rightarrow \text{Li}^+(\text{aq}) + e$	-3,04
$\text{K(s)} \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + e$	-2,92
$\text{Ba(s)} \rightarrow \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-2,90
$\text{Ca(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-2,87
$\text{Na(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + e$	-2,71
$\text{Mg(s)} \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-2,37
$\text{Be(s)} \rightarrow \text{Be}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-1,85
$\text{Al(s)} \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3e$	-1,66
$\text{Mn(s)} \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-1,18
$\text{H}_2(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{aq}) + 2e$	-0,83
$\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-0,76
$\text{Cr(s)} \rightarrow \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3e$	-0,74
$\text{Fe(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-0,44
$\text{Cd(s)} \rightarrow \text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-0,40
$\text{Co(s)} \rightarrow \text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-0,28
$\text{Ni(s)} \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-0,25
$\text{Sn(s)} \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-0,14
$\text{Pb(s)} \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	-0,13
$\text{H}_2(\text{s}) \rightarrow 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2e$	0,00
$\text{Sb(s)} \rightarrow \text{Sb}^{3+}(\text{aq}) + 3e$	+0,10
$\text{Sn(s)} \rightarrow \text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 4e$	+0,13
$\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	+0,34
$2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + 2e$	+0,54
$\text{Hg(s)} \rightarrow \text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	+0,62
$\text{Fe(s)} \rightarrow \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3e$	+0,77
$\text{Ag(s)} \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + e$	+0,80
$2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2(\text{aq}) + 2e$	+1,07
$\text{Pt(s)} \rightarrow \text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2e$	+1,50

Au(s) Au ³⁺ (aq) + 3e	+1,52
Co(s) Co ³⁺ (aq) + 3e	+1,82
Fe(s) Fe ³⁺ (aq) + 3e	+2,87

Untuk menghitung konstanta kesetimbangan untuk setiap reaksi dari potensial sel standart, yang pada gilirannya dapat diperoleh dari nilai nilai pada table potensial setengah sel standart. Metoda berikut ini dan contoh contohnya menggambarkan procedure yang akan memastikan untuk memperoleh ε^0 dengan ukuran besar dan tandanya.

Langkah 1. Pecahkan reaksi sell menjadi dua reaksi setengah sell.

a. Untuk reaksi setengah sell yang pertama (yang di sebelah kanan elektroda) pilihlah spesies teroksidasi yang muncul pada sisi reaktan dari reaksi sell dan tuliskan kesetimbangan dengan spesies tereduksi yang sesuai.

b. Untuk reaksi setengah sell yang kedua (elektroda sebelah kiri) pilih spesies teroksidasi yang muncul di sisi produk dari reaksi sell dan tulis kesetimbangan dengan spesies tereduksi yang sesuai. Tulis kedua reaksi setengah sell dengan electron pada sisi reaktan.

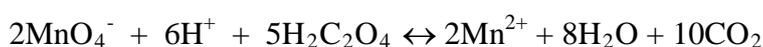
Langkah 2 Setimbangkan reaksi setengah sell dengan jumlah electron yang sama, n, pada masing masingnya.

Langkah 3 Jika reaksi setengah sell kedua dikurangkan dari yang pertama, seluruh reaksi sell diselesaikan ; periksalah untuk meyakinkannya. Kurangkan potensial elektroda dengan cara yang sama (pertama minus kedua) untuk memperoleh potensial standar sell, ε^0 .

Langkah 4 Pergunakan persamaan (8.50) untuk menghitung K

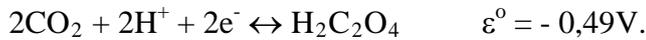
Contoh soal :

Melalui persamaan $RT \ln K = nF\varepsilon^0$, atau pada 25°C $\log_{10}K = \frac{n\varepsilon^0}{0.059}$, hitung Konstanta kesetimbangan (K) dari persamaan reaksi tersebut :

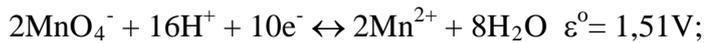


Penyelesaian :

Reaksi setengah ini (pilih spesi teroksidasi, MnO_4^- , pada sisi reaktan untuk reaksi setengah sell)



Kalikan koefisien reaksi pertama dengan 2, juga reaksi kedua dengan 5, kita peroleh :



Dikurangkan, kita peroleh



$$\varepsilon^\circ = 1,51\text{ V} - (-0,49\text{V}) = 2\text{ V}$$

karena $n = 10$, atau $K = 10^{338}$

E. Potensial Sel dan ΔG Reaksi Hubungan dengan Reaksi Kimia

Hubungan antara energi bebas Gibbs dan potensial sel arus nol(E) dapat diturunkan dengan memperhatikan perubahan G pada saat reaksi sel bertambah dengan kuantitas yang sangat kecil $d\xi$ pada beberapa komposisi. Maka G pada P, T tetap dan komposisitententu akan berubah besar.

$$\Delta G^0 =)_{P,T} \dots\dots\dots(2)$$

Karena kerja maksimum yang dapat dilakukan reaksi itu ketika reaksi berlangsung sebesar $d\zeta$ pada temperatur dan tekanan tetap adalah

$$dW_e = \Delta G^0 \cdot d\zeta \dots\dots\dots(3)$$

yang harga nya sangat kecil dan komposisi sistem sebenarnya adalah tetap ketika reaksi ini berlangsung. Sehingga nkerja yang dilakukan untuk muatan yang sangat kecil $-zF \cdot d\zeta$ yang bergerak dari anoda ke katoda dengan beda potensial tertentu akan berharga

$$dW_e = -nFd\zeta \cdot E \dots\dots\dots(4)$$

jika kita samakan persamaan (2) dan (3) maka didapat

$$-nF E^0 = \Delta G^0 \dots\dots\dots(5)$$

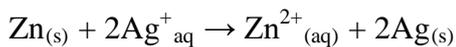
atau $E^0 = -)$, adalah jumlah elektrton yang terlibat dalam setengah reaksi.

Sehingga,

Berdasarkan harga energi bebas gibbs ΔG , dapat diramalkan berlangsung tidaknya suatu sel elektrokimia. Suatu reaksi sel akan berlangsung spontan bila $\Delta G < 0$ atau harga $E > 0$.

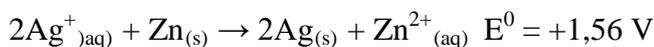
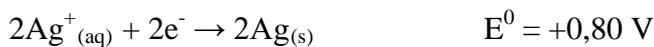
Contoh :

Gunakan potensial elektroda standar untuk menghitung ΔG^0 pada 25°C dalam reaksi :



Penyelesaian :

Setengah reaksi dan jumlah potensial elektrodanya adalah :



Setiap setengah reaksi melibatkan dua elektron, maka $n = 2$. Nilai potensial sel, $E^0 = +1,56 \text{ V}$ dan tetapan Faraday, F adalah $9,65 \times 10^4 \text{ C}$. Dengan demikian.

$$\begin{aligned} \Delta G^0 &= -n.F.E_{\text{sel}} \\ &= - (2) (9,65 \times 10^4 \text{ C}) (1,56 \text{ V}) \\ &= -3,01 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

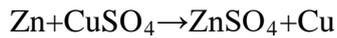
Jadi, perubahan energi bebas standar adalah $-3,01 \times 10^5 \text{ J}$ atau sama dengan 301 kJ.

F. Persamaan Nerst

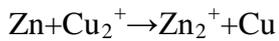
Walther Hermann Nernst adalah kimiawan Jerman yang menerapkan asas-asas termodinamika ke sel listrik. Dia menciptakan sebuah persamaan yang dikenal sebagai persamaan Nernst, yang menghubungkan voltase sel ke propertinya. Lepas dari Joseph Thomson, ia menjelaskan mengapa senyawa terionisasi dengan mudah dalam air. Penjelasan ini disebut aturan Nernst-Thomson yang menyatakan bahwa sulit halnya bagi ion yang ditangkap untuk menarik satu sama lain melalui insulasi molekul air, sehingga terdissosiasi.

Persamaan Nernst adalah persamaan yang melibatkan potensial sel dengan konsentrasi suatu reaksi. Reaksi oksidasi reduksi banyak yang dapat dilangsungkan pada kondisi tertentu untuk membangkitkan listrik. Dasarnya bahwa reaksi oksidasi reduksi itu harus berlangsung spontan di dalam larutan air jika bahan pengoksidasi dan pereduksi tidak sama. Dalam sel Galvani oksidasi

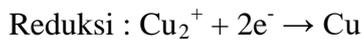
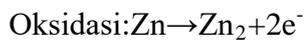
diartikan sebagai dilepaskannya elektron oleh atom, molekul atau ion dan reduksi berarti diperolehnya elektron oleh partikel-partikel itu. Sebagai contoh reaksi oksidasi sederhana dan berlangsung spontan adalah bila lembar tipis zink dibenamkan dalam suatu larutan tembaga sulfat maka akan terjadi logam tembaga menyepuh pada lembaran zink dan lembaran zink lambat laun melarut dan dibebaskan energi panas. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi yang sebenarnya adalah antara ion zink dengan tembaga yaitu :



Tiap atom zink kehilangan dua elektron dan tiap ion tembaga memperoleh dua elektron untuk menjadi sebuah atom tembaga.



Sel yang mencapai kesetimbangan kimia dapat melakukan kerja listrik ketika reaksi di dalamnya menggerakkan elektron-elektron melalui sirkuit luar. Kerja yang dapat dipenuhi oleh transfer elektron tertentu bergantung pada beda potensial antara kedua elektrode. Perbedaan potensial ini disebut potensial sel dan diukur dalam volt (V). Jika potensial sel besar maka sejumlah elektron tertentu yang berjalan antara kedua elektrode dapat melakukan kerja listrik yang besar. Sebaliknya, jika potensial sel kecil maka elektron dalam jumlah yang sama hanya dapat melakukan sedikit kerja.

Sel yang reaksinya ada dalam kesetimbangan tidak dapat melakukan kerja dan sel demikian memiliki potensial sel sebesar nol. Pada sel konsentrasi digunakan dua electrode yang sama namun konsentrasi larutannya yang berbeda. Electrode dalam larutan pekat merupakan katode (tempat terjadinya reaksi reduksi) sedangkan electrode dalam larutan encer merupakan anode (tempat terjadinya reaksi oksidasi).

Pada persamaan Nernst, K bukanlah suatu tetapan kesetimbangan Karena larutan-larutan yang diperkirakan adalah pada konsentrasi-konsentrasi awal dan bukan konsentrasi kesetimbangan. Bila suatu sel volta telah mati atau terdiscas habis, barulah sistem itu berada dalam kesetimbangan. Pada kondisi ini $E_{\text{sel}} = 0$ dan faktor K dalam persamaan Nernst setara dengan tetapan kesetimbangan.

G. Potensial Reduksi Standar dan Komposisi

Arus listrik yang terjadi pada sel volta disebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif. Hal ini disebabkan karena perbedaan potensial antara kedua elektroda. Andaikan kita mengukur perbedaan potensial (ΔV) antara dua elektroda dengan menggunakan potensiometer ketika arus listrik yang dihasilkan mengalir sampai habis. Maka akan diperoleh nilai limit atau perbedaan potensial saat arus listriknya nol yang disebut sebagai potensial sel (E_{sel}^0)

Perbedaan potensial yang diamati bervariasi dengan jenis bahan elektroda dan konsentrasi serta temperatur larutan elektrolit. Sebagai contoh untuk sel Daniell, bila diukur dengan potensiometer beda potensial pada suhu 25°C saat konsentrasi ion Zn^{2+} dan Cu^{2+} sama adalah 1,10V. Bila elektroda Cu/Cu^{2+} dalam sel Daniell diganti dengan elektroda Ag/Ag^+ potensial sel adalah 1,56V. Jadi dengan berbagai kombinasi elektroda dapat menghasilkan nilai potensial sel yang sangat bervariasi. Jadi alat potensiometer digunakan untuk mengukur perbedaan potensial antara dua elektroda sedangkan untuk mengukur nilai potensial mutlak untuk suatu elektroda tidak bisa dilakukan.

Oleh karena itu, diperlukan suatu elektroda yang dipakai sebagai standar atau pembanding dengan elektroda-elektroda yang lainnya. Dan telah ditentukan yang digunakan sebagai elektroda standar adalah elektroda hidrogen. Elektroda hidrogen terdiri dari gas H_2 dengan tekanan 1 atm yang dialirkan melalui sekeping logam platina (Pt) yang dilapisi serbuk Pt harus pada suhu 25°C dalam larutan asam (H^+) 1M. Berdasarkan perjanjian elektroda hidrogen diberi nilai potensial 0,00V.

Potensial sel yang terdiri atas pasangan elektroda hidrogen / standar (H/H^+) dan elektroda Zn/Zn^{2+} adalah -0,76V. Bila elektroda Zn/Zn^{2+} diganti dengan Cu/Cu^{2+} maka besar potensialnya selnya menjadi +0,34V.



Karena besarnya potensial elektroda hidrogen = 0,00V maka potensial reduksi (E_{red}^0) Zn dan Cu dapat ditentukan :



Potensial reduksi (E^0_{red}) menunjukkan kecenderungan untuk menerima elektron, jadi berdasarkan nilai potensial elektroda diatas, potensial elektroda Zn bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa Zn/ Zn^{2+} lebih sukar untuk menerima elektron/direduksi dibanding dengan H/ H^+ dan Cu bernilai positif (+) menunjukkan bahwa Cu/ Cu^{2+} lebih mudah untuk menerima elektron/direduksi dibanding dengan H/ H^+

Semakin sukar untuk direduksi berarti semakin mudah untuk dioksidasi dan sebaliknya semakin mudah direduksi berarti semakin sukar dioksidasi. Karena besar potensial oksidasi (E^0_{oks}) berlawanan dengan potensial reduksi (E^0_{red})



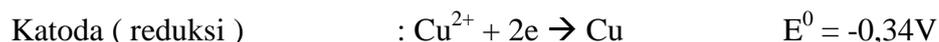
Potensial sel volta

Potensial sel volta dapat ditentukan dengan percobaan dengan menggunakan potensiometer/voltmeter dan secara teoritis potensial sel dapat dihitung berdasarkan perbedaan potensial reduksi (E^0_{red}) kedua elektroda atau penjumlahan potensial oksidasi pada anoda dengan potensial reduksi pada katoda.

Sebagai contoh pada sel daniel :



Yang mempunyai harga potensial reduksi (E^0_{red}) lebih kecil akan di oksidasi dan yang potensial reduksi (E^0_{red}) lebih besar akan direduksi .



Secara singkat dapat dihitung :

Nilai E^0_{red} yang lebih kecil akan dioksidasi dan yang lebih besar akan direduksi.
Maka Zn akan dioksidasi dan Cu akan direduksi.

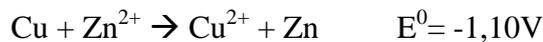
$$E^0_{\text{oks Zn}} = +0,76\text{V}$$

$$E^0_{\text{red Cu}} = +0,34\text{V}$$

$$E^0_{\text{sel}} = E^0_{\text{oks}} + E^0_{\text{red}} = 0,76\text{ V} + 0,34\text{V} = 1,10\text{V}$$

Nilai potensial sel (E^0_{sel}) yang positif menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan.

Maka sebaliknya reaksi :



Nilai potensial sel (E^0_{sel}) nya negatif menunjukkan bahwa dalam keadaan normal tidak akan terjadi reaksi. Reaksi dapat terjadi bila ada suplai elektron dari luar/dialiri listrik yang akan dibahas pada elektrolisis

Setengah reaksi reduksi (pada katoda)	E^0_{red} (volt)
$\text{Li}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}_{(\text{s})}$	-3,04
$\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{K}_{(\text{s})}$	-2,92
$\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}_{(\text{s})}$	-2,76
$\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}_{(\text{s})}$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}_{(\text{s})}$	-2,38
$\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}_{(\text{s})}$	-1,66
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}_{(\text{s})}$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}_{(\text{s})}$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}_{(\text{s})}$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}_{(\text{s})}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}_{(\text{s})}$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,04
$2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$	0,00
$\text{Sn}^{4+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$	0,15

$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$	0,16
$\text{ClO}_4^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{ClO}_3^{-}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	0,17
$\text{AgCl}_{(\text{s})} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}_{(\text{s})} + \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$	0,22
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$	0,34
$\text{ClO}_3^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{ClO}_2^{-}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	0,35
$\text{IO}^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{I}^{-}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	0,49
$\text{Cu}^{+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$	0,52
$\text{I}_2_{(\text{s})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{I}^{-}_{(\text{aq})}$	0,54
$\text{ClO}_2^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{ClO}^{-}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	0,59
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$	0,77
$\text{Hg}_2^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{Hg}_{(\text{l})}$	0,80
$\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}_{(\text{s})}$	0,80
$\text{Hg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Hg}_{(\text{l})}$	0,85
$\text{ClO}^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	0,90
$2\text{Hg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}_{(\text{aq})}$	0,90
$\text{NO}_3^{-}_{(\text{aq})} + 4\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{NO}_{(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	0,96
$\text{Br}_2_{(\text{l})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{Br}^{-}_{(\text{aq})}$	1,07
$\text{O}_2_{(\text{g})} + 4\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + 4\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1,23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}_{(\text{aq})} + 14\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + 6\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} + 7\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1,33
$\text{Cl}_2_{(\text{g})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$	1,36
$\text{Ce}^{4+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ce}^{3+}_{(\text{aq})}$	1,44
$\text{MnO}_4^{-}_{(\text{aq})} + 8\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + 5\text{e}^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})} + 4\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1,49
$\text{H}_2\text{O}_2_{(\text{aq})} + 2\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1,78
$\text{Co}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}^{2+}_{(\text{aq})}$	1,82
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$	2,01
$\text{O}_3_{(\text{g})} + 2\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{O}_2_{(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	2,07
$\text{F}_2_{(\text{g})} + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{F}^{-}_{(\text{aq})}$	2,87

H. Hukum Faraday

Hukum Faraday adalah hukum dasar elektromagnetisme yang memprediksi bagaimana medan magnet berinteraksi dengan rangkaian listrik untuk menghasilkan gaya gerak listrik- fenomena yang disebut sebagai induksi elektromagnetik.

1. Hukum Faraday I

"Massa zat yang terbentuk pada masing-masing elektroda sebanding dengan kuat arus/ arus listrik yang mengalir pada elektrolisis tersebut".

Rumus:

$$m = e \cdot i \cdot t / 96.500$$

$$q = i \cdot t$$

m = massa zat yang dihasilkan (gram)

e = berat ekivalen = Ar/ Valensi i= Mr/Valensi

i = kuat arus listrik (amper)

t = waktu (detik)

q = muatan listrik (coulomb)

2. Hukum Faraday II

"Massa dari macam-macam zat yang diendapkan pada masing-masing elektroda (terbentuk pada masing-masing elektroda) oleh sejumlah arus listrik yang sama banyaknya akan sebanding dengan berat ekivalen masing-masing zat tersebut."

Rumus:

$$m_1 : m_2 = e_1 : e_2$$

m = massa zat (garam)

e = beret ekivalen = Ar/Valensi = Mr/Valensi

Contoh soal hukum Faraday I

Pada elektrolisis larutan CuSO_4 dengan elektroda inert, dialirkan listrik 10 amper selama 965 detik. Hitunglah massa tembaga yang diendapkan pada katoda (Ar Cu = 63,5)

Jawab:

Dik:

$$e = 63,5$$

$$i = 10 \text{ A}$$

$$t = 965 \text{ s}$$

$$m = e \cdot i \cdot t / 96.500$$

$$= (\text{Ar/Valensi}) \times (10 \times 965 / 96.500)$$

$$= 63.5 / 2 \times 9.650 / 96.500$$

$$= 31.75 \times 0,1 = 3,175 \text{ gram}$$

Contoh soal hukum faraday II

Jika arus listrik dialirkan melalui larutan AgNO_3 dan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ yang

disusun seri maka akan terjadi endapan perak sebanyak 27 gram. Hitung massa endapan nikel yang terjadi! (Ar Ag = 108 dan Ar Ni = 59)

Jawab;

$$n_{\text{Ag}} = 1 \text{ dan } n_{\text{Ni}} = 2$$

$$m_{\text{Ag}} : m_{\text{Ni}} = \text{Ar Ag}/n_{\text{Ag}} : \text{Ar Ni}/n_{\text{Ni}}$$

$$27 : m_{\text{Ni}} = 108/1 : 59/2$$

$$m_{\text{Ni}} = 27 \times 29,5/108$$

$$m_{\text{Ni}} = 7,375 \text{ gram}$$

I. Perbedaan Elektrolisis dengan Elektrokimia

elektrokimia mengubah energi kimia menjadi energi listrik sel elektrokimia seperti sel Volta (menghasilkan listrik)

elektrolisis mengubah energi listrik menjadi energi kimia diberi arus listrik agar terjadi reaksi, karena reaksi tidak dapat berlangsung spontan.

J. Reaksi Elektrokimia

Elektrokimia merupakan cabang kimia yang penting. Industri klor-alkali, industri aluminium, industri tembaga, dll. Adalah contoh khas industri elektrokimia. Dalam sel elektrokimia, jumlah elektrolit yang dibebaskan bergantung pada arus dan waktu. Secara teoritis, jumlah arus yang dibutuhkan untuk membebaskan setara gram elektrolit pada masing-masing kutub adalah Faraday (F), yaitu sebesar 96580 coulomb.

$$1 \text{ coulomb} = 1 \text{ ampere.sekon}$$

Dalam praktiknya, 1 Faraday akan membebaskan kurang lebih satu gram ekuivalen elektrik. Rasio konsumsi Faraday teoritis terhadap konsumsi Faraday sebenarnya didefinisikan sebagai efisiensi sel saat ini. Mungkin dicatat bahwa dalam reaksi elektrokimia, hanya arus yang penting untuk Pembebasan elektrolit, dan karenanya, pada sebagian besar sel elektrolitik, untuk memanfaatkan kekuatan maksimal, voltase dijaga serendah mungkin sementara arus tetap maksimal.

Contoh Soal

Dalam sel elektrokimia, arus dilewatkan pada laju 9000 ampere selama 5 jam melalui larutan yang mengandung tembaga sulfat. Pada akhir proses, $1,12 \text{ m}^3$ oksigen (di NTP) dikumpulkan. Tentukan (a) jumlah tembaga yang dibebaskan, dan (b) efisiensi sel saat ini.

Jawab

Dik : $1,12 \text{ m}^3$ Oksigen pada NTP

Pada NTP, volume oksigen spesifik = $22,4 \text{ m}^3/\text{kg mol}$

Oksigen bebas = $1,12 \text{ m}^3$

$$= 1,12 \times 1/22,4 \text{ kg mol}$$

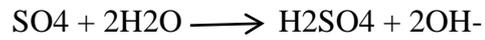
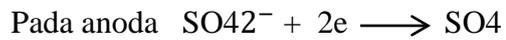
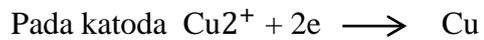
$$= 50 \text{ g mol}$$

$$= 50 \times 32 = 1600$$

$$\text{Berat ekuivalen oksigen} = 16/2 = 8$$

$$\text{Oksigen bebas} = 1600/8 = 200 \text{ g eq}$$

Reaksi elektrokimia yang terjadi di dalam sel adalah:



Lalu, 1 mol $\text{O}_2 = 2$ mol of CuSO_4

$$\text{Berat Ekuivalen Cu} = 63,5/2 = 31,75$$

$$\text{Deposit tembaga} = (31,75 \times 1600)/8 = 6350 \text{ g} \quad (\text{Jawaban a})$$

$$\text{Total energi yg melewati larutan di dalam sel} = (9000 \times 5 \times 3600)/96580$$

Faraday

$$\text{Pembebasan teoritis Cu} = (9000 \times 5 \times 3600 \times 31,75)/96580$$

$$= 6701 \text{ g}$$

$$\text{Efisiensi arus} = (\text{pembebasan Cu} / \text{pembebasan teoritis Cu}) \times 100$$

$$= (6350/6701) \times 100\%$$

$$= 94,56\% \quad (\text{jawaban b})$$