

Andi_ Suryanto

5. Azas Teknik Kimia- Andi-A5-Revisi 2.pdf

Sources Overview

16%

OVERALL SIMILARITY

1	2020.cpnsonline.id INTERNET	3%
2	Universitas Jambi on 2021-03-09 SUBMITTED WORKS	<1%
3	www.belbuk.com INTERNET	<1%
4	anyflip.com INTERNET	<1%
5	123dok.com INTERNET	<1%
6	documents.mx INTERNET	<1%
7	Universitas Brawijaya on 2017-06-12 SUBMITTED WORKS	<1%
8	www.scribd.com INTERNET	<1%
9	archive.org INTERNET	<1%
10	widuri.raharja.info INTERNET	<1%
11	9haanoe.blogspot.com INTERNET	<1%
12	Syiah Kuala University on 2018-02-21 SUBMITTED WORKS	<1%
13	andikachibi.blogspot.com INTERNET	<1%
14	hayaitsukiproject.blogspot.com INTERNET	<1%
15	repository.ipb.ac.id:8080 INTERNET	<1%
16	akupilihfisika.blogspot.com INTERNET	<1%

17	rinaldyigneel.blogspot.com	INTERNET	<1%
18	mafiadoc.com	INTERNET	<1%
19	Sriwijaya University on 2020-07-09	SUBMITTED WORKS	<1%
20	epdf.pub	INTERNET	<1%
21	Universitas Sebelas Maret on 2021-03-18	SUBMITTED WORKS	<1%
22	repositori.kemdikbud.go.id	INTERNET	<1%
23	repositori.uin-alauddin.ac.id	INTERNET	<1%
24	repository.usd.ac.id	INTERNET	<1%
25	Universitas Brawijaya on 2021-10-29	SUBMITTED WORKS	<1%
26	inspirilo.com	INTERNET	<1%
27	pt.scribd.com	INTERNET	<1%
28	thousands-passed.xyz	INTERNET	<1%
29	www.termodinamik.info	INTERNET	<1%
30	Universitas Brawijaya on 2017-03-14	SUBMITTED WORKS	<1%
31	id.scribd.com	INTERNET	<1%
32	www.utakatikotak.com	INTERNET	<1%
33	Universitas Jember on 2018-02-10	SUBMITTED WORKS	<1%
34	fatahillah-tercinta.blogspot.com	INTERNET	<1%
35	mytask-midwifery.blogspot.com	INTERNET	<1%
36	riskypramenda.blogspot.com	INTERNET	<1%
37	Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya on 2020-09-16	SUBMITTED WORKS	<1%
38	biopscugm.blogspot.com	INTERNET	<1%
39	eprints.uny.ac.id	INTERNET	<1%
40	repository.unhas.ac.id	INTERNET	<1%

41	yayuutami.blogspot.com	INTERNET	<1%
42	Udayana University on 2017-05-24	SUBMITTED WORKS	<1%
43	Universitas Brawijaya on 2017-07-17	SUBMITTED WORKS	<1%
44	Universitas Islam Indonesia on 2018-11-14	SUBMITTED WORKS	<1%
45	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara on 2020-09-18	SUBMITTED WORKS	<1%
46	Universitas Muhammadiyah Surakarta on 2018-01-17	SUBMITTED WORKS	<1%
47	www.umi.ac.id	INTERNET	<1%
48	Roger Bacon High School on 2019-08-29	SUBMITTED WORKS	<1%
49	Universitas Riau on 2020-10-02	SUBMITTED WORKS	<1%
50	bowo-suranto1982.blogspot.com	INTERNET	<1%
51	cicaakcerdas.wordpress.com	INTERNET	<1%
52	eprints.uns.ac.id	INTERNET	<1%
53	fajarputraadi.blogspot.com	INTERNET	<1%
54	mtslegokjawa.wordpress.com	INTERNET	<1%
55	qdoc.tips	INTERNET	<1%
56	repository.its.ac.id	INTERNET	<1%
57	scholar.unand.ac.id	INTERNET	<1%
58	zh.scribd.com	INTERNET	<1%
59	University of Minnesota System on 2020-10-19	SUBMITTED WORKS	<1%
60	Universitas Islam Indonesia on 2017-04-27	SUBMITTED WORKS	<1%
61	analisismu.blogspot.com	INTERNET	<1%
62	moam.info	INTERNET	<1%

Excluded search repositories:

None

Excluded from document:

None

Excluded sources:

- es.scribd.com, internet, 9%
- doku.pub, internet, 8%
- www.coursehero.com, internet, 7%
- www.slideshare.net, internet, 6%
- 3lib.net, internet, 5%
- Universitas Muhammadiyah Tangerang on 2021-09-29, submitted works, 4%
- Universitas Muhammadiyah Tangerang on 2021-09-29, submitted works, 4%
- insancendekiamandiri.co.id, internet, 4%
- repository.ung.ac.id, internet, 4%
- www.researchgate.net, internet, 4%
- anangfirmansyahblog.files.wordpress.com, internet, 4%



Andi Suryanto
Hermin Hardyanti Utami

AZAS TEKNIK KIMIA

Dilengkapi Soal-Soal Latihan



Azas Teknik Kimia

Fungsi dan Sifat Hak Cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

AZAS TEKNIK KIMIA

Dilengkapi Soal-Soal Latihan

Andi Suryanto
Hermin Hardyanti Utami



P E N E R B I T
INSAN CENDEKIA MANDIRI
Publisher of educational books

Azas Teknik Kimia

Andi Suryanto
Hermin Hardyanti Utami

Editor:
Tiara Okta Peronika

Desainer:
Mifta Ardila

Sumber:
www.insancendekiamandiri.co.id

Penata Letak:
Tiara okta Peronika

Proofreader:
Tim ICM

Ukuran:
x, 64 hlm., 14x21 cm

ISBN:
978-623-348-336-0

Cetakan Pertama :
September, 2021

Hak Cipta 2021, pada Andi Suryanto dan Hermin Hardyanti Utami

Isi diluar tanggung jawab penerbitan dan percetakan

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Anggota IKAPI: 020/SBA/20
PENERBIT INSAN CENDEKIA MANDIRI
(Grup Penerbitan CV INSAN CENDEKIA MANDIRI)

Perumahan Gardena Maisa 2, Blok F03, Kopo Baru, Kecamatan Kubung,
Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat – Indonesia 27361

HP/WA: 0813-7272-5118
Website: www.insancendekiamandiri.co.id
www.insancendekiamandiri.com
E-mail: penerbitbic@gmail.com



DAFTAR GAMBAR	vii
----------------------------	------------

DAFTAR TABEL	ix
---------------------------	-----------

PRAKATA	x
----------------------	----------

BAB 1

Besaran, Satuan dan Konversinya	1
--	----------

1.1. Definisi Besaran dan Satuan.....	2
---------------------------------------	---

1.2. Sistem Pengukuran.....	4
-----------------------------	---

1.3. Konversi.....	6
--------------------	---

BAB 2

Neraca Massa	15
---------------------------	-----------

2.1. Konsep Neraca Massa	16
--------------------------------	----

2.2. Sistem Terbuka dan Sistem Tertutup..	18
---	----

2.3. Sistem <i>Steady-State</i> dan <i>Unsteady State</i>	20
---	----

2.4. Sistem Multiple Komponen	24
-------------------------------------	----

2.5. Neraca Massa dengan Reaksi Kimia ...	29
---	----

BAB 3

Neraca Energi.....	37
3.1. Istilah dalam Neraca Energi	38
3.2. Jenis-jenis Energi	39
3.3. Aplikasi Neraca Energi	52
DAFTAR PUSTAKA	62
PROFIL PENULIS	63



Gambar 1.1. Kegiatan Pengukuran (Menimbang)	2
Gambar 1.2. Hubungan Besaran Pokok (Persegi Panjang) dan Besaran Turunan (<i>Elips</i>)	4
10 Gambar 2.1. Sistem dan Lingkungan.....	18
Gambar 2.2. Sistem Tertutup	19
Gambar 2.3. Sistem Terbuka	19
Gambar 2.4. Sistem <i>Unsteady-State</i>	20
Gambar 2.5. Akumulasi Setelah 50 Menit.....	21
Gambar 2.6. Akumulasi Setelah 50 Menit (Pengurangan Jumlah)	22
Gambar 2.7. Ilustrasi Neraca Massa pada Bensin	23
Gambar 2.8. Sistem Terbuka dengan Dua Komponen ...	25
Gambar 2.9. Campuran NaOH dan H ₂ O.....	26
Gambar 2.10. Neraca Massa Multi-Komponen	28
Gambar 2.11. Reaktor untuk Menetralkan HCl dengan NaOH.....	30
Gambar 2.12. Ilustrasi Neraca Massa	31
Gambar 2.13.	34

Gambar 2.14.	35
Gambar 3.1. Informasi Mengenai Nutrisi pada Suatu Produk	38
Gambar 3.2. Ekspansi Gas	42
Gambar 3.3. Transfer Panas dari Manusia	44
Gambar 3.4. Aliran Fluida dari Tangki	46
Gambar 3.5. Potensial Energi dari Air	48
Gambar 3.6. Contoh Sistem Tertutup	54
Gambar 3.7. Contoh Sistem Tertutup dan Sistem <i>Steady</i> <i>State</i>	56



Tabel 1.1. Besaran Pokok dan Satuannya	3
Tabel 1.2. Besaran Turunan dan Satuannya	3
Tabel 1.3. Besaran Pokok (AE)	4
Tabel 1.4. Besaran Turunan (AE)	5
Tabel 2.1. Analisa Ekonomi.....	16
Tabel 2.2. Massa NaOH dan Air	26
Tabel 2.3. Komponen NaOH dalam satuan kg mol	27



Edisi pertama buku Azas Teknik Kimia (ATK) ini bertujuan untuk membantu pemahaman pengetahuan mendasar mengenai perhitungan paling dasar dalam Teknik kimia. Buku ini disusun dalam memenuhi kebutuhan pembelajaran. ³ Penyajian buku ini menggunakan pendekatan komunikatif dan mengarah pada keterampilan proses.

Oleh karena itu, dalam buku ini tidak hanya disajikan konsep secara teori beserta sederet rumusnya, tetapi disajikan pula petunjuk penerapan konsep dalam teknologi. Penguraian materi diberikan secara bertingkat mulai dari konsep yang mudah hingga konsep yang membutuhkan pemahaman lebih lanjut dengan penguraian bahasa yang mudah dimengerti dan dipahami.

Buku ini juga dilengkapi dengan Tugas sehingga diharapkan Anda dapat memahami materi secara holistic dan mampu mengerjakan soal-soal Latihan. ³⁵ Dengan segala kerendahan hati, kami menerima saran dan kritik konstruktif dari semua pihak. ¹⁶ Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Semoga buku ini memenuhi harapan kita semua.

Makassar

Penulis



BAB 1

Besaran, Satuan dan Konversinya

Tujuan Anda mempelajari Bab ini:

1. Menjelaskan perbedaan besaran dan satuan.
2. Melakukan operasi perhitungan matematika.
3. Menspesifikkan satuan pokok dan turunan dari sistem SI dan American Engineering (AE).
4. Mengonversi satuan dari sebuah persamaan.
5. Mengaplikasikan satuan SI dan AE dalam menyelesaikan permasalahan bidang Teknik Kimia.



Gambar 1.1. Kegiatan Pengukuran (Menimbang)

Anda tentu sering melihat atau melakukan aktivitas pengukuran. Salah satu contoh pengukuran dalam kehidupan sehari-hari adalah mengukur berat badan atau mengukur suhu tubuh. Hasil pengukuran berat dan suhu dapat dinyatakan dengan angka yang disebut *besaran* sedangkan acuan yang digunakan disebut *satuan*.

1.1. Definisi Besaran dan Satuan

Besaran (*dimensions*) adalah konsep dasar dari suatu pengukuran sedangkan satuan (*units*) adalah nilai standar dalam pengukuran. Secara garis besar, besaran dibagi atas dua golongan yaitu besaran pokok (*fundamental dimensions*) dan besaran turunan (*derived dimensions*). Besaran pokok atau satuan pokok adalah besaran atau satuan yang dapat diukur secara independen dan dapat menggambarkan kuantitas fisik suatu zat. Tabel 1.1. adalah 7 besaran pokok dan satuannya.

4
Tabel 1.1. Besaran Pokok dan Satuannya

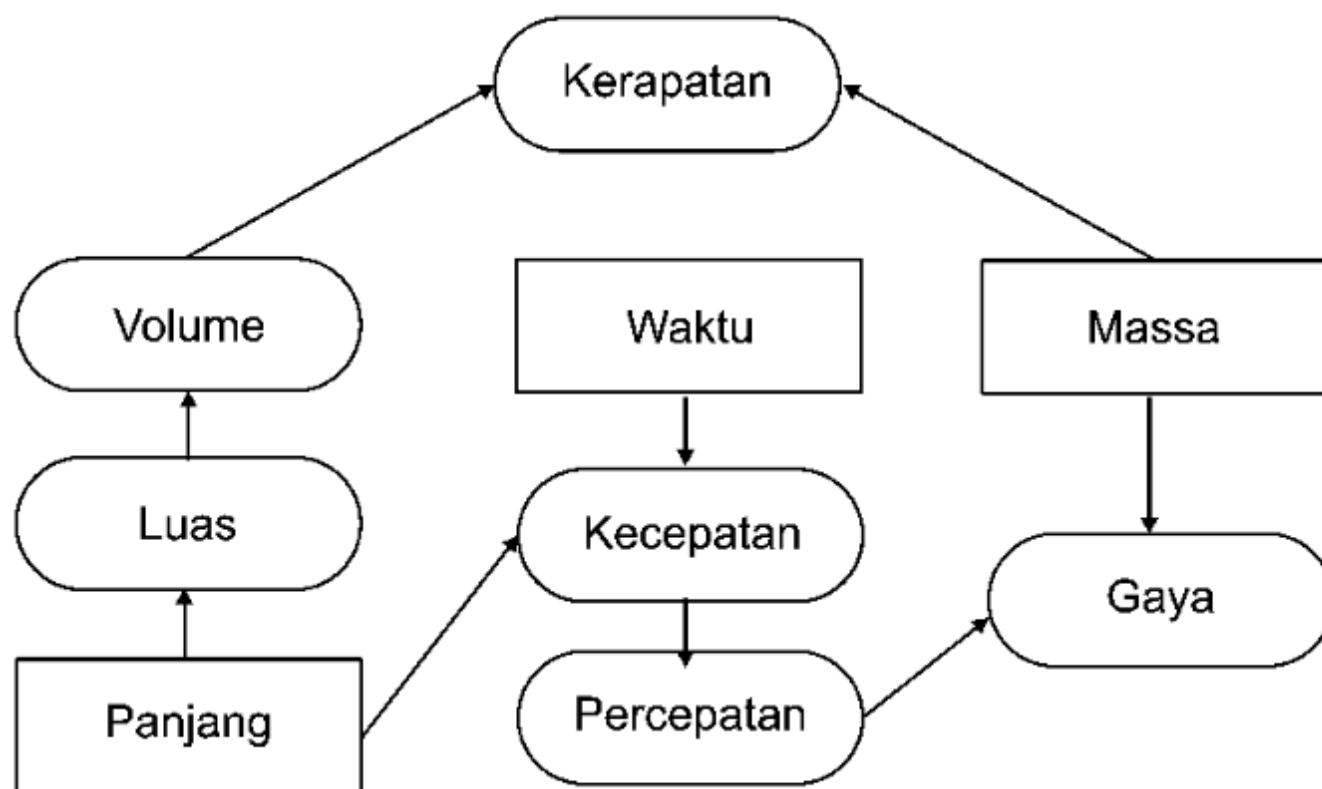
No	Besaran	Satuan
1	Panjang (l)	meter
4 2	Massa (m)	gram
3	Waktu (t)	detik
4	Arus listrik (i)	ampere
5	Suhu (T)	kelvin
6	Intensitas Cahaya (I)	candela
7	Jumlah zat (n)	mol

Sementara itu, besaran turunan atau satuan turunan³⁷ adalah besaran atau satuannya dijabarkan atau diturunkan dari besaran pokok. Tabel 1.2. adalah contoh besaran turunan dan satuannya⁴

Tabel 1.2. Besaran Turunan dan Satuannya

No	Besaran	Satuan
1	Luas	m ²
44 2	Kecepatan	m/s
3	Percepatan	m/s ²
4	Gaya (F)	kg.m/s ²

Berdasarkan Tabel 1.2. besaran luas berasal dari besaran pokok panjang. Sementara itu, besaran kecepatan¹⁷ berasal dari rasio antara besaran pokok panjang dan waktu. Gambar 1.1. menjelaskan mengenai hubungan antara beberapa besaran pokok dan besaran turunan.⁴⁸



Gambar 1.2. Hubungan ²⁴ Besaran Pokok (persegi panjang) dan Besaran Turunan (elips)

1.2. Sistem Pengukuran

Kita telah mempelajari ⁴⁹ mengenai perbedaan antara besaran/satuan pokok dan besaran/satuan turunan. Dalam perhitungan pengukuran, terdapat dua sistem pengukuran yaitu dalam *Système International d'Unités* (SI) dan *American Engineering* (AE). ⁴² Pada Tabel 1.1. dan Tabel 1.2. ⁶² adalah besaran/turunan dalam sistem pengukuran SI. Tabel 1.3. adalah tujuh besaran pokok berdasarkan sistem pengukuran AE:

¹⁸ Tabel 1.3. Besaran Pokok (AE)

No	Besaran	Satuan	Simbol
1	Panjang (l)	foot	ft
2	Massa (m)	pound (massa)	lbm
3	Waktu (t)	second	s

No	Besaran	Satuan	Simbol
174	Arus listrik (i)	Ampere	A
5	Suhu (T)	Degree Rankine or degree Fahrenheit	°R or °F
6	Jumlah zat (n)	Pound mol	lb mol

Selain itu, besaran turunan juga memiliki perbedaan dari satuannya. Berikut adalah beberapa contoh besaran turunan (AE):

Tabel 1.4. Besaran Turunan (AE)

No	Besaran	Satuan	Simbol
1	Gaya	pound (force)	lb _f
2	Energi	British thermal unit, foot pound (force)	Btu, (ft)(lb _f)
3	Daya	horsepower	hp
4	Kerapatan	pound (mass) per cubic foot	lbm/ft ³
5	Kecepatan	Feet per second kuadrat	ft/s ²

1.3. Konversi

a. Kecepatan

Kecepatan adalah besaran turunan dari besaran panjang dan waktu. Berikut adalah rumus kecepatan:

$$v = \frac{l}{s} \quad (\text{Pers.1.1})$$

di mana l adalah besaran panjang dengan satuan m, cm, mile atau ft dan s adalah besaran waktu.

b. Volume (V)

Volume adalah besaran turunan yang berasal dari besaran panjang dengan satuan centimeter (cm), meter (m), atau foot (ft). berikut adalah rumus untuk menghitung volume:

$$V = p \times l \times t \quad (\text{Pers.1.2})$$

Berdasarkan Persamaan 1.1 berikut, maka volume memiliki satuan cm^3 , m^3 atau ft^3 .

$$1 \text{ cm}^3 = 3,531 \times 10^{-5} \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 2,199 \times 10^{-4} \text{ gallon kubik (gall}^3\text{)}$$

$$1 \text{ cm}^3 = 6,102 \times 10^{-2} \text{ inci kubik (inc}^3\text{)}$$

c. Gaya (F)

Gaya adalah besaran turunan dari besaran massa, panjang dan waktu. Gaya memiliki rumus sebagai berikut:

$$F = m \times a \quad (\text{Pers.1.3})$$

m adalah besaran massa dengan satuan kilogram (kg), gram (g) atau pound (lb) dan a adalah besaran percepatan memiliki dua besaran yaitu besaran panjang dengan satuan meter (m) atau foot (ft) dan besaran waktu dengan satuan second (s).

d. Tekanan (P)

Tekanan merupakan besaran turunan yang memiliki satuan dalam SI adalah pascal atau

Newton per meter kuadrat (N/m^2 atau Pa) sedangkan dalam satuan AE adalah pound (force) per inci kuadrat (lb_f/in^2 atau psi). Rumus menghitung tekanan adalah:

$$P = \frac{F}{A} = \rho gh + \rho_0 \quad (\text{Pers.1.4})$$

berikut adalah beberapa konversi satuan dari tekanan:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ psia} = 6,8 \times 10^{-2} \text{ atm}$$

e. Kapasitas Panas

Kapasitas Panas adalah besaran turunan yang memiliki satuan joule per kilogram kelvin (dalam satuan SI) dan btu per pound (mass) degree Fahrenheit ($\text{Btu/lb}_m \cdot ^\circ\text{F}$) (dalam satuan AE).

<i>Konversi Satuan</i>
1. Jika sebuah pesawat melaju sebanyak dua kali kecepatan udara (diasumsikan kecepatan udara adalah 2.200 ft/s, seberapa cepat pesawat tersebut melaju dengan miles per jam? Penjelasan: Mula-mula kita harus mengalikan kecepatan udara sebanyak dua kali. Selanjutnya mengubah satuan foot menjadi mil dengan ketentuan $1 \text{ mil} = 5.280 \text{ ft}$

Selanjutnya mengkonversi second menjadi jam dengan ketentuan

$$1 \text{ jam} = 3.600 \text{ detik}$$

Jawab:

$$2 \times \frac{2200 \text{ ft}}{\text{det}} = \frac{1 \text{ mil}}{5280 \text{ ft}} = \frac{3600 \text{ det}}{1 \text{ jam}} \\ = 3000 \text{ mil/jam}$$

2. Konversi dari satuan AE ke satuan SI

a. ¹⁴ 5 lb_m/ft menjadi kg/m

b. 3,00 lb_m/(ft³)(s) menjadi kg/(m³)(s)

jawab:

a.

$$\frac{5 \text{ lb}_m}{\text{ft}} \times \frac{0,454 \text{ kg}}{1 \text{ lb}_m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0,305 \text{ m}} = 7,443 \text{ kg/m}$$

b.

$$\frac{3 \text{ lb}_m}{\text{ft}^3 \text{ s}} \times \frac{0,454 \text{ kg}}{1 \text{ lb}_m} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{0,305 \text{ m}^3} = 48,643 \text{ kg/m}^3 \text{ s}$$

f. Suhu

Saintis mengatakan bahwa suhu adalah pengukuran suatu energi yang berpindah dari atau ke sistem. Suhu adalah salah satu dari besaran pokok yang memiliki satuan derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$), derajat Rankine ($^{\circ}\text{R}$), derajat Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) dan Kelvin (K). Bagaimana konversi dari masing-masing satuan? Berikut adalah skala perbandingan antara derajat Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) dan derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ; derajat Rankine ($^{\circ}\text{R}$) dan Kelvin (K):

$$\frac{\Delta^{\circ}\text{C}}{\Delta^{\circ}\text{F}} = 1,8 \text{ atau } \Delta^{\circ}\text{C} = 1,8 \Delta^{\circ}\text{F} \quad (\text{Pers.1.5})$$

$$\frac{\Delta K}{\Delta^{\circ}\text{R}} = 1,8 \text{ atau } \Delta K = 1,8 \Delta^{\circ}\text{R} \quad (\text{Pers.1.6})$$

Berikut adalah persamaan untuk mengkonversi satuan-satuan tersebut:

1. Menentukan Rankine dari Farenheit (Pers.1.7)

$$T^{\circ}\text{R} = T^{\circ}\text{F} \left(\frac{1\Delta^{\circ}\text{R}}{1\Delta^{\circ}\text{F}} \right) + 460^{\circ}\text{R}$$

2. Menentukan Kelvin dari Celsius

$$TK = T^{\circ}\text{C} \left(\frac{1\Delta K}{1\Delta^{\circ}\text{C}} \right) + 273 K \quad (\text{Pers.1.8})$$

3. Menentukan Fahrenheit dari Celcius

$$T^{\circ}\text{F} = T^{\circ}\text{C} \left(\frac{1,8 \Delta^{\circ}\text{F}}{1\Delta^{\circ}\text{C}} \right) + 32^{\circ}\text{F} \quad (\text{Pers.1.9})$$

4. Menentukan Celcius dari Fahrenheit

$$T^{\circ}\text{C} = (T^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}\text{F}) \left(\frac{1 \Delta^{\circ}\text{C}}{1\Delta^{\circ}\text{F}} \right) \quad (\text{Pers.1.10})$$

Konversi Suhu	
Konversi 100°C menjadi	
(a) K	
(b) °F	
(c) °R	
Jawab:	
(a) $(100 + 273)^{\circ}\text{C} \frac{1\Delta K}{1\Delta^{\circ}\text{C}} = 373\text{ K}$	
(b) $(100^{\circ}\text{C}) \frac{1,8\Delta^{\circ}\text{F}}{1\Delta^{\circ}\text{C}} + 32^{\circ}\text{F} = 212^{\circ}\text{F}$	
(c) $(212 + 460)^{\circ}\text{F} \frac{1\Delta^{\circ}\text{R}}{1\Delta^{\circ}\text{F}} = 672^{\circ}\text{R}$	

Latihan 1.

1. Buatlah dalam bentuk tabel dan tuliskan sepuluh (10) besaran turunan dan satuannya (dalam bentuk SI dan AE)

(Note: Tuliskan satuan selain yang telah dijelaskan sebelumnya)

No.	Besaran Turunan/symbol	Satuan	
		SI	AE
1.			
2.			

No.	Besaran Turunan/symbol	Satuan	
		SI	AE
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

2. Kategorikan satuan-satuan berikut apakah benar atau salah dalam sistem SI dan lengkapi dengan besarannya:

- a. nm
- b. °K
- c. sec
- d. N/mm
- e. kJ/(s)(m³)

3. Selesaikan kedua permasalahan berikut:

- a. 5 ft + 10 detik
- b. 7 horsepower + 100 watt
- c. 100 m ÷ 10 cm
- d. 7 ft x 7 detik
- e. 3,10 cm + 700 ft
- f. 7,209 cm – 8,06 m²

note: jika tidak bisa diselesaikan, jelaskan alasannya!

4. Konversi satuan berikut!

- a. 10 km ke miles
- b. 350 in.³/day ke cm³/min

5. Apakah perbedaan dari pound force dan pound mass dalam sistem AE?

6. Bahan yang bersifat nanomaterial telah menjadi pembicaraan yang menarik dan berpotensi untuk dijadikan sebagai semikonduktor, obat, pendeteksi protein dan transport electron. Nanoteknologi berasal dari istilah yang erat kaitannya dengan sintesis dan aplikasi dari partikel yang berukuran kecil. Sebagai contoh semikonduktor ZnS dengan partikel diameter 2,8 nanometer. Konversi diameter ZnS dalam satuan (a) dm (desimeter) dan (b) inci.

7. Biologi sistem, dulunya enzim digunakan untuk mempercepat beberapa reaksi secara biologi. Glukoamilase adalah enzim yang membantu konversi pati menjadi glukosa (gula yang selnya digunakan untuk energi). Data percobaan menunjukkan bahwa $1 \mu\text{g mol}$ dari glukoamilase dalam 4% larutan pati dengan laju produksinya $0,6 \mu\text{g mol/mL.min}$. Tentukan laju produksi glukosa dengan satuan $\text{lb mol}/(\text{ft}^3)(\text{hari})$!
8. Tentukan energi kinetic dari satu pound fluida yang berpindah dalam sebuah pipa dengan kecepatan 3 feet per second!
9. Sebuah bola yang memiliki massa 50 kg dalam waktu 10 menit meluncur sejauh 20 m.
- Berapa usaha yang bekerja pada bola tersebut. Tentukan dalam satuan ft.lbf
 - Hitunglah panas yang ditimbulkan pada peristiwa tersebut (dalam satuan BTU)
 - Berapakah besar daya yang bekerja pada peristiwa berikut. Hitung dalam satuan meter.horsepower!
10. Hidrogen dapat dipisahkan dari gas alam dengan cara difusi melalui sebuah tabung bulat. Kecepatan pisahnya dituliskan pada persamaan berikut:

$$N = 2\pi D\rho R$$

Keterangan:

N = kecepatan transport dari H₂ dari tabung,
gmol/(sec)(cm dari diameter bulat).

D = koefisien difusi

P = kerapatan molar dari H₂, g mol/cm³,

R = log berarti jari-jari dari tabung,
 $r_2 - r_1 / \ln (r_2/r_1)$, dengan r dalam cm

.



BAB 2

Neraca Massa

Tujuan Anda mempelajari Bab ini:

1. Menjelaskan mengenai sistem terbuka, sistem tertutup, *steady-steady* dan *unsteady-state*.
2. Mendeskripsikan permasalahan dalam bentuk narasi atau gambar yang sesuai untuk prosesnya.
3. Menyatakan dalam narasi mengenai konsep neraca massa yang melibatkan satu atau lebih dari komponen.
4. Menentukan apakah terjadi akumulasi positif atau negative dalam sebuah proses.
5. Menjelaskan zat yang di dalamnya terjadi efek reaksi kimia dari neraca massa.

Bab ini diawali dengan mengingat kembali pembelajaran mengenai konsep hukum kekekalan massa. Hukum kekekalan massa berbunyi “zat tidak dapat diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan”. Berdasarkan hukum ini, Anda dapat menerapkannya untuk menyelesaikan permasalahan yang bervariasi dan rumit. Biasanya konsep ini digunakan untuk mendesain sebuah pabrik atau mengoperasikan pabrik tersebut dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi produk dan mengontrol proses selama produksi berlangsung.

2.1. Konsep Neraca Massa

Apakah yang dimaksud dengan neraca massa? Neraca massa adalah aplikasi dari hukum kekekalan massa yaitu massa tidak dapat diciptakan dan juga dimusnahkan. Hukum ini sangat sederhana namun dibutuhkan konsep yang lebih detail untuk mengaplikasikan dalam permasalahan teknik kimia. Sebelum itu, mari kita lihat ilustrasi berikut!

Mita berasal dari desa dan sekarang dia sedang merantau untuk melanjutkan studinya di jurusan Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia. Sebagai seorang mahasiswa perantau, dia harus membagi keuangannya secara mandiri. Setiap bulan dia menerima uang sebanyak Rp2.000.000 dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 2.1. Analisa Ekonomi

Keperluan	Pemasukan	Pengeluaran	Saldo
Uang Bulanan	2.000.000	-	2.000.000

Keperluan	Pemasukan	Pengeluaran	Saldo
Sewa Kost	-	500.000	1.500.000
Laundry	-	100.000	1.400.000
Uang Jajan	350.000	-	1.750.000
Kuota	-	200.000	1.550.000
Makanan	-	500.000	1.050.000
Ojek online	-	200.000	850.000
Biaya lainnya	-	300.000	550.000

Berdasarkan Tabel berikut dapat diketahui bahwa saldo awal dari Mita adalah 2.000.000 yang disebut kondisi awal dan saldo akhir 550.000 yang disebut kondisi akhir keuangan. Pemasukan adalah sesuatu yang diinput sehingga pemasukan ditambahkan di saldo sedangkan pengeluaran adalah dana yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan sehingga kolom pengeluaran dikurangkan dari saldo sebelumnya. Oleh sebab itu, dapat dituliskan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Saldo akhir} - \text{saldo awal} = \text{jumlah pemasukan} - \text{jumlah pengeluaran} \quad (\text{Pers.2.1})$$

Berdasarkan ilustrasi berikut, Apakah kamu dapat menyimpulkan yang dimaksud dengan neraca massa? Tentunya neraca massa memperhitungkan beberapa hal namun konsepnya tetap sama dengan contoh sebelumnya. Kondisi awal dari proses

melibatkan jumlah dari bahan yang dipakai dan pada saat proses berlangsung akan ada beberapa bahan yang akan dikonversi atau dikeluarkan dari proses.

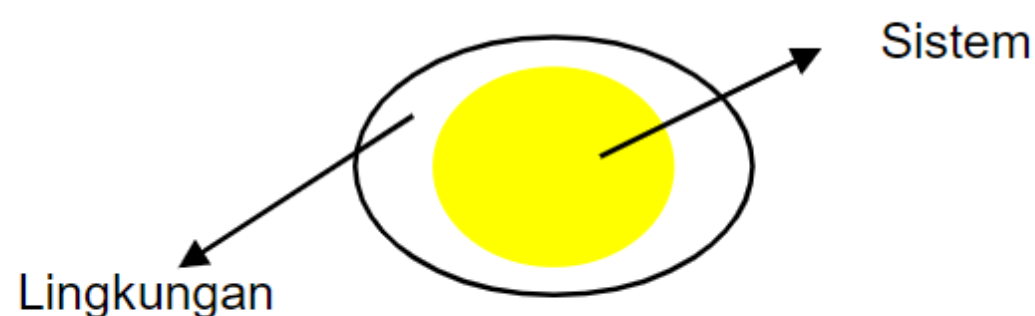
$$\text{Massa yang keluar} - \text{massa yang masuk} = \text{massa yang terakumulasi}$$

(Pers.2.2)

Anda sudah mempelajari mengenai konsep dari neraca massa sekarang bisakah Anda menjelaskan mengenai perbedaan antara hukum kekekalan massa dan konsep dari neraca massa?

2.2. Sistem Terbuka dan Sistem Tertutup

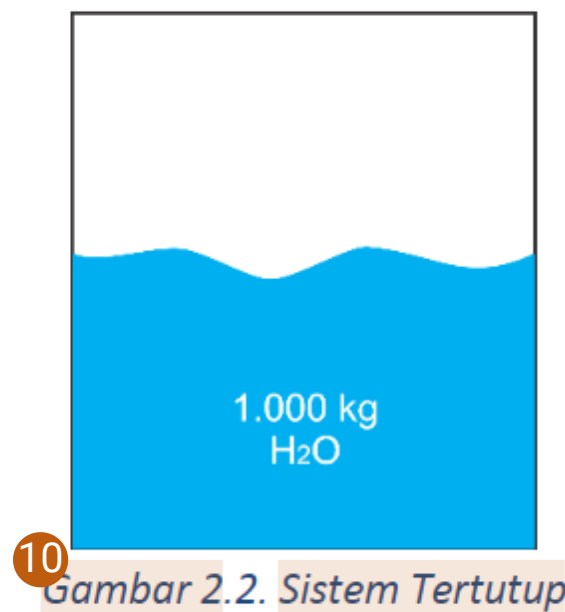
41 Sistem adalah sesuatu yang menjadi pusat perhatian dalam proses neraca massa adalah yang diamati atau proses yang akan dihitung. Jika berbicara mengenai sistem, pasti juga berbicara mengenai 36 lingkungan. Lingkungan adalah sesuatu yang berada di luar sistem yang dapat berpengaruh atau tidak berpengaruh pada sistem. Berikut adalah gambar ilustrasi dari sistem:



Gambar 2.1. Sistem dan Lingkungan

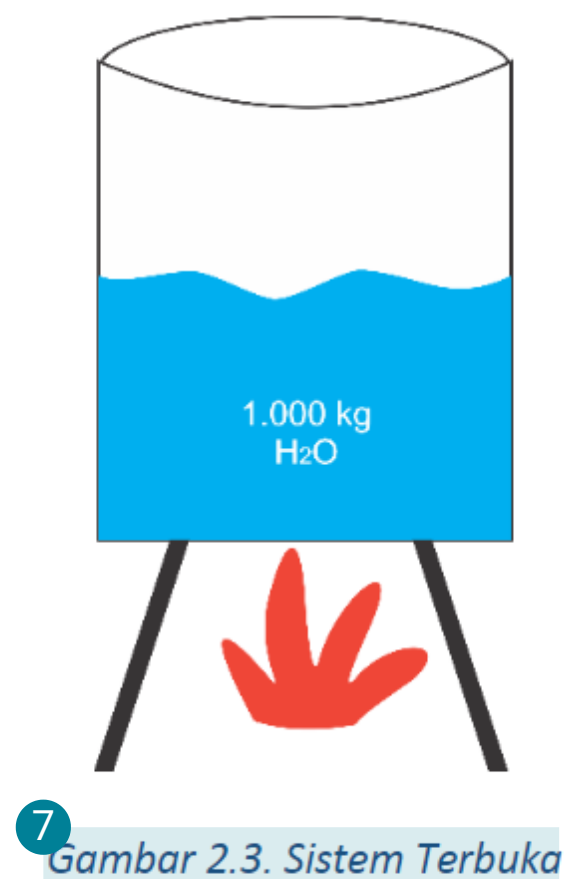
Berdasarkan hal berikut, maka sistem dapat dibagi menjadi dua yaitu sistem tertutup dan sistem terbuka. Sistem tertutup adalah tidak ada bahan yang masuk atau meninggalkan sistem ke lingkungan. 28

Perubahan yang terjadi hanya berada⁷ di dalam sistem namun tidak ada perubahan atau transfer massa yang terjadi dengan lingkungan.



Gambar 2.2. Sistem Tertutup

Gambar 2.2. menjelaskan mengenai konsep sistem tertutup. H₂O sebanyak 1.000 kg berada pada sistem dan tidak akan dipengaruhi oleh lingkungan yang berada di sekitarnya sehingga walaupun tekanan atau suhu di lingkungan berubah, jumlah H₂O tetap 1.000 kg yang berarti massa H₂O tidak berpengaruh.



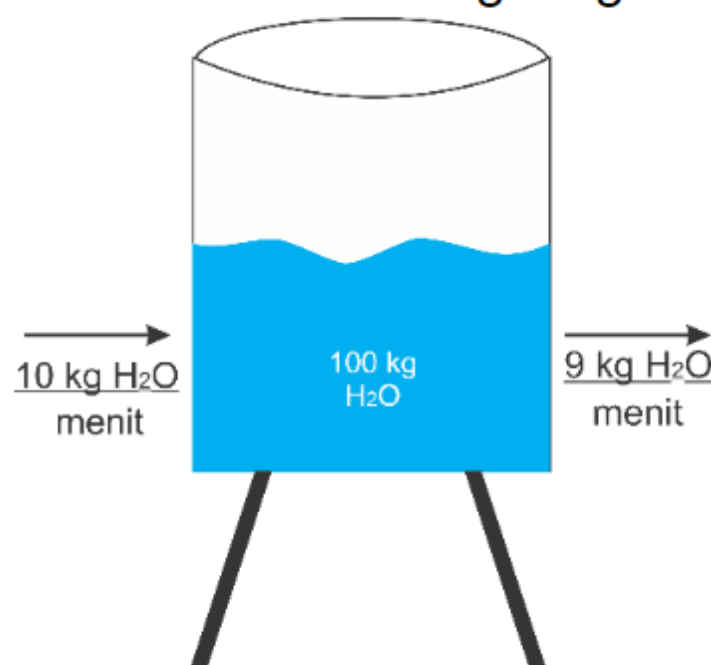
Gambar 2.3. Sistem Terbuka

Sistem terbuka adalah sistem dipengaruhi oleh lingkungan. Misalnya pada Gambar 2.3. terdapat H_2O sebanyak 1.000 kg dan dipengaruhi oleh lingkungannya yang memanaskan. Terjadi transfer energi dari lingkungan ke sistem dan sebaliknya sehingga mengakibatkan massa H_2O di dalam sistem berkurang.

2.3. Sistem *Steady-state* dan *Unsteady-State*

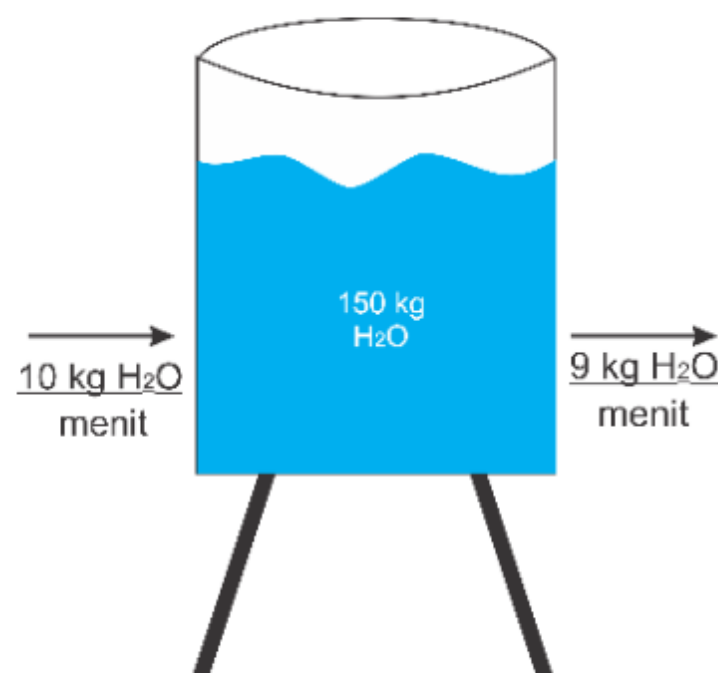
Pada proses neraca massa juga terdapat istilah sistem *steady-state* dan sistem *unsteady-state*. Sistem *steady-state* adalah sistem yang massanya constant seperti awal sistem. Kondisi dapat dikatakan *steady-state* ketika kondisi di dalam proses tidak ada perubahan seiring dengan perubahan waktu dan kondisi alir yang tetap sering dengan perubahan waktu. Kondisi yang dimaksud adalah suhu, tekanan, massa, dan lainnya. Proses *continue* adalah bahan yang masuk atau meninggalkan sistem tanpa adanya gangguan.

Bagaimana jika proses berubah sehingga alir yang keluar dari sistem secara langsung berkurang?



Gambar 2.4.. Sistem *Unsteady-state*

43 Dari Gambar 2.4. dapat dilihat bahwa alur air mengalir masuk ke sistem adalah 10 kg setiap satu menit dan alur air yang keluar dari sistem adalah 9 kg setiap satu menit sehingga terjadi akumulasi di dalam sistem. Dalam waktu 50 menit, terjadi penambahan H₂O di dalam sistem sehingga menjadi 150 kg 55 seperti pada Gambar 2.5.

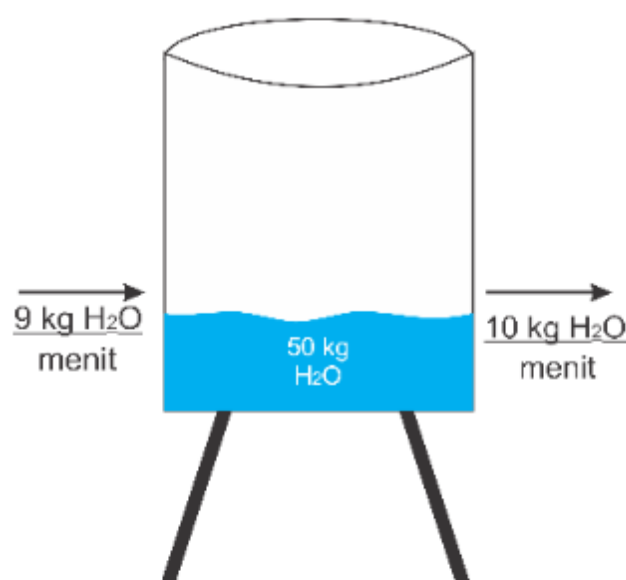


Gambar 2.5. Akumulasi Setelah 50 menit

Berdasarkan beberapa contoh yang telah dijelaskan maka dapat disimpulkan bahwa neraca massa untuk setiap komponen adalah sebagai berikut:

$$\boxed{\text{Massa di dalam system yang terakumulasi}} = \boxed{\text{total massa yang masuk ke dalam system}} - \boxed{\text{total massa yang keluar dari sistem}} \quad (\text{Pers.2.3})$$

Bagaimana jika yang terjadi sebaliknya? Seperti pada Gambar 2.6 mula-mula terdapat 100 kg H₂O seiring dengan waktu ada H₂O mengalir ke dalam sistem setiap satu menit sebanyak 9 kg dan keluar sistem sebanyak 10 kg sehingga H₂O di dalam sistem berkurang setelah 50 menit pertama.



Gambar 2.6. Akumulasi setelah 50 menit (pengurangan jumlah)

Berdasarkan contoh berikut dapat disimpulkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\boxed{\text{Akumulasi}} = \boxed{\text{Massa akhir di dalam sistem}} - \boxed{\text{Massa awal di dalam sistem}} \quad (\text{Pers.2.4})$$

Dari kedua rumus berikut, dapat dikombinasikan dan didapatkan rumus umum dari neraca massa untuk komponen di dalam sistem.

$$\boxed{\text{Massa akhir di sistem}} - \boxed{\text{Massa awal di sistem}} = \boxed{\text{Kecepatan alir yang masuk ke dalam sistem}} - \boxed{\text{Kecepatan alir yang masuk ke dalam sistem}} \quad (\text{Pers.2.5})$$

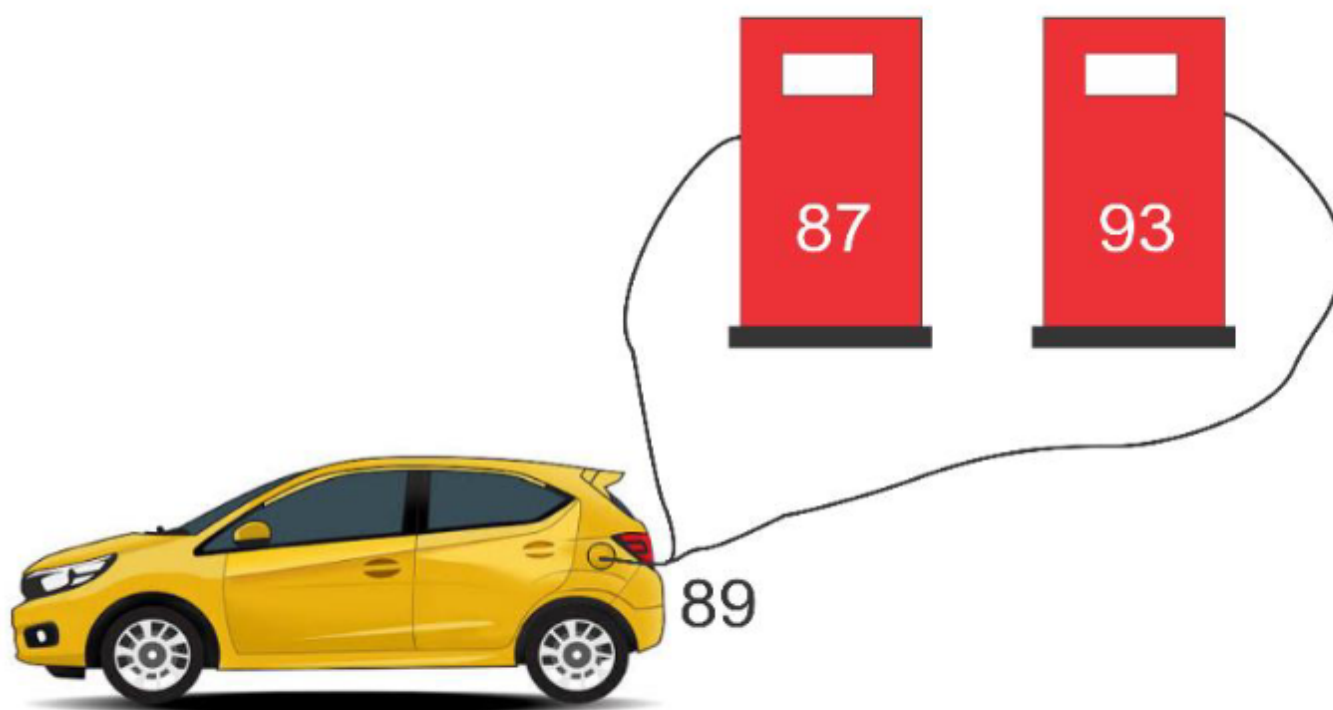
Neraca Massa untuk Mencampurkan Bensin

Ketika Ulla mengisi tangki mobilnya dengan bensin bilangan oktan 89 seharga Rp6.345,00 per liter, dia ditawarkan untuk mencampurkan bensin yang digunakan dengan ketentuan bensin bilangan oktan 93 seharga Rp6.745,00- per liter dengan bensin biasa bilangan

oktan 87 seharga Rp5.745,00- per liter. Ulla ingin menggunakan pilihan yang lebih hemat, yang manakah pilihan yang akan diambilnya?

Jawab :

Permasalahan ini dapat menerapkan Persamaan 2.5 namun memakai konsep bilangan oktan pada bensin (bukan massa atau mol). Sebelumnya, Anda harus menentukan basis yang akan digunakan yaitu bilangan oktan 87 per liter. Permasalahan ini dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Ilustrasi Neraca Massa pada Bensin

Berdasarkan permasalahan, maka kondisi awal dari sistem (mobil) adalah nol dan kondisi akhir adalah 1. Dimisalkan bilangan oktan 87 adalah a dan bilangan oktan 93 adalah b , maka

$$a + b = 1$$

$$b = 1 - a$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{89 \text{ oktan}}{1 \text{ liter}} \times 1 \text{ liter} \right) - 0 \\ = \left(\frac{87 \text{ oktan}}{1 \text{ liter}} \times a \text{ liter} \right) \\ + \left(\frac{93 \text{ oktan}}{1 \text{ liter}} \times (1 - a) \text{ liter} \right) \end{aligned}$$

Dari persamaan berikut didapatkan:

$$a = \frac{2}{3} \text{ liter dan } b = \frac{1}{3} \text{ liter}$$

sehingga harga dari bensin yang telah dicampur adalah

$$\frac{2}{3} (\text{Rp}5.745) + \frac{1}{3} (\text{Rp}6.745) = \text{Rp}6.078$$

Dapat disimpulkan bahwa Ulla akan lebih hemat jika mencampurkan bensin yang memiliki dua bilangan oktan yang berbeda dibandingkan membeli secara langsung bensin dengan oktan yang diinginkan.

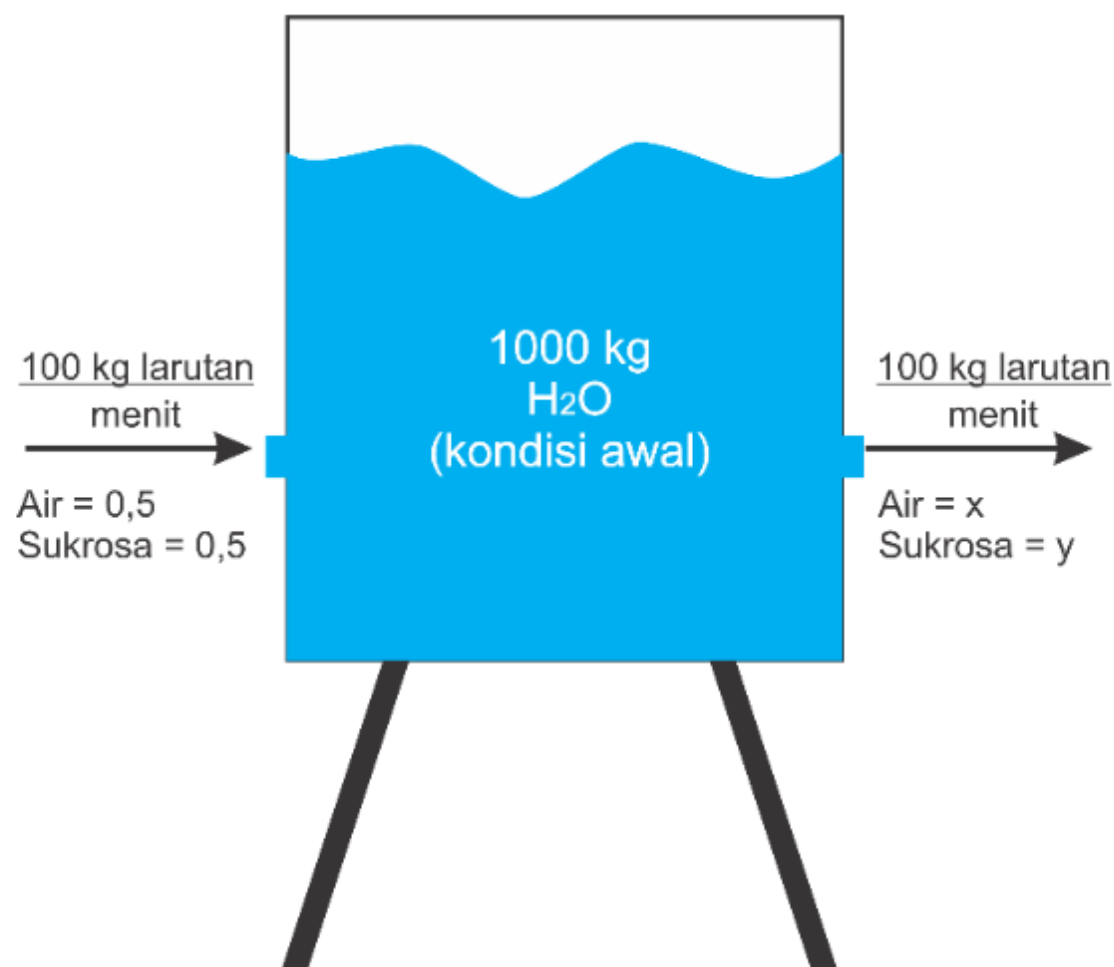
2.4. Sistem Multiple Komponen

Bagaimana jika di dalam sistem terdapat dua atau lebih komponen? Coba kita lihat ilustrasi berikut:

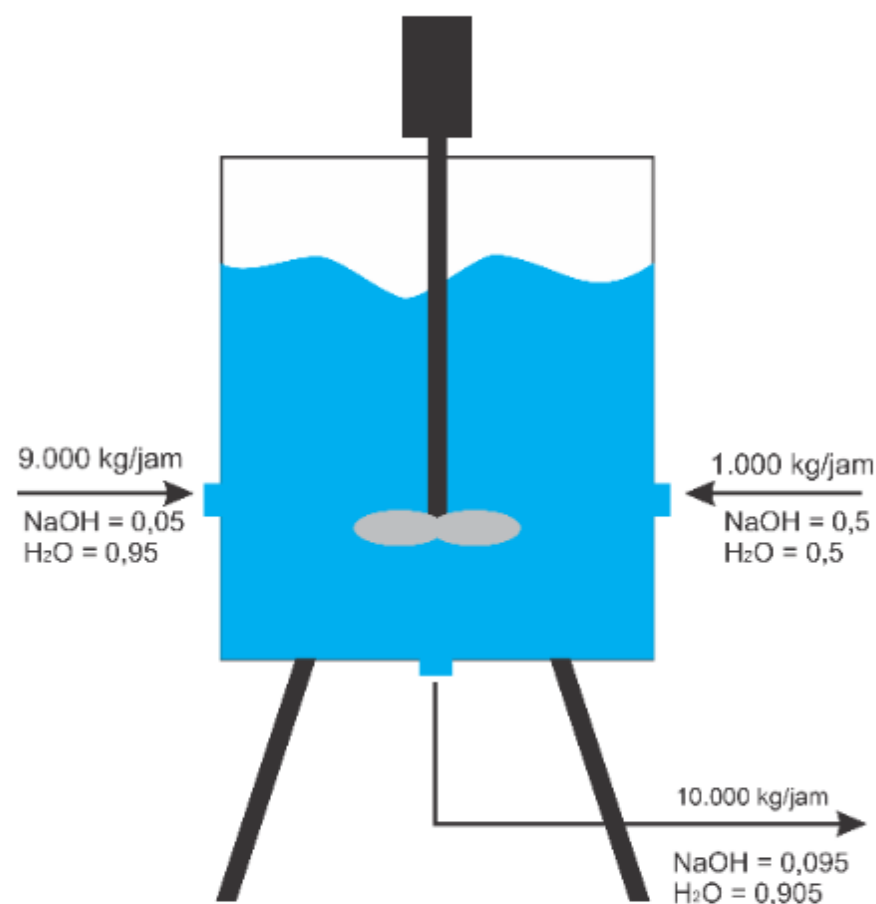
Di dalam suatu wadah diumpankan larutan air dan glukosa dengan komposisi masing-masing 50% dengan kecepatan 100 kg/min. Komponen awal di dalam bejana tersebut adalah air dengan massa 1.000 kg dan campuran mengalir keluar dengan kecepatan 100 kg/min. Bagaimanakah neraca massa dari sistem tersebut?

Sebelum menjawab soal berikut Anda harus menentukan apakah sistem termasuk di dalam sistem terbuka atau sistem tertutup? Apakah termasuk sistem *steady-state* dan sistem *unsteady-state*?

Anda dapat mengatakan bahwa proses ini adalah sistem terbuka. Hal ini disebabkan ada aliran yang masuk dan keluar ke dalam sistem. Sistem ini juga termasuk sistem *unsteady-state* karena massa alir yang masuk sama dengan massa alir yang keluar.



Gambar 2.8. Sistem Terbuka dengan Dua Komponen



Gambar 2.9. Campuran NaOH dan H₂O

Gambar 2.9. menjelaskan mengenai aliran NaOH dan air dengan satuan kg/jam. Basis dari Gambar 2.9. adalah 1 jam. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat ditentukan jumlah masing-masing komponen.

Tabel 2.2. Massa NaOH dan Air

Komponen	Feed 1 (kg)	Feed 2 (kg)	Aliran yang keluar (kg)	Akum.
NaOH	$0,05 \times 9.000 = 450$	$0,5 \times 1.000 = 500$	$0,095 \times 10.000 = 950$	0
H ₂ O	$0,95 \times 9.000 = 8.550$	$0,5 \times 1.000 = 500$	$0,905 \times 10.000 = 9.050$	0
Total	9.000	1.000	10.000	0

Bagaimana jika kita mengkonversi satuan kg ke satuan mol dari Tabel 2.1.? Tentu kita akan membagi

masing-masing komponen dengan massa relatifnya (Mr) yaitu Mr NaOH = 40 dan Mr H₂O = 18.

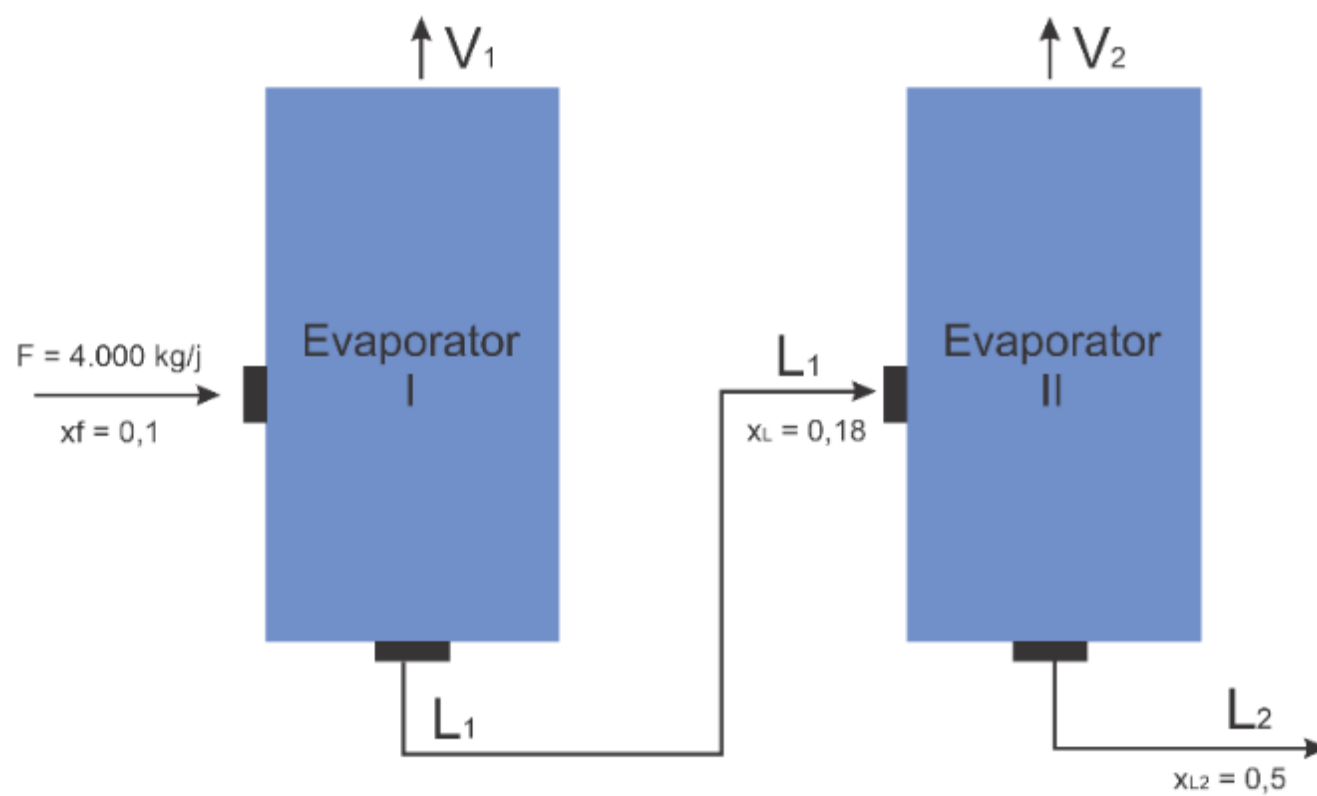
Tabel 2.3. Komponen NaOH dalam satuan kg mol

Komponen	Feed 1 (mol)	Feed 2 (mol)	Aliran yang keluar (mol)	Akum.
NaOH	$\frac{450}{40} = 11,25$	$\frac{500}{40} = 12,50$	$\frac{950}{40} = 23,75$	0
H ₂ O	$\frac{8550}{18} = 475$	$\frac{500}{18} = 27,78$	$\frac{9050}{18} = 502,78$	0
Total	486,25	40,28	536,53	0

6

Neraca massa tanpa reaksi kimia multi-komponen

Pembuatan gula tebu, 4.000 kg/j larutan gula 10% (% berat) diumpankan ke evaporator I yang menghasilkan larutan gula 18%. Larutan hasil evaporator I ini diumpankan ke evaporator II sehingga dihasilkan larutan gula 50%. Tentukan air yang teruapkan dari evaporator I dan II.



Gambar 2.10. Neraca Massa Multi-Komponen

Evaporator I
Neraca massa

$$F = V_1 + L_1 \dots\dots\dots(1)$$

Neraca komponen gula =

$$F(x_f) = V_1(y_1) + L_1(x_{L1})$$

$$4.000 \times 0,1 = 0 + L_1(0,18)$$

$$L_1 = \frac{400}{0,18} = 2.222,22$$

Evaporator II

$$L_1 = V_2 + L_2 \dots\dots\dots(2)$$

Neraca komponen gula =

$$L_1 \times x_{L1} = V_{2y} + L_2(x_{2L2})$$

$$2.222,2 \times 0,18 = 0 + L_2 \times 0,5$$

$$400 = 0 + L_2(0,5)$$

$$L_2 = \frac{400}{0,5} = 800$$

Persamaan (1)

$$F = V_1 + L_1$$

$$4.000 = 2.222,2 + V_1$$

$$V_1 = 4.000 - 2.222,22 = 1.777,78$$

Persamaan (2)

$$L_1 = V_2 + L_2$$

$$2.222,22 = V_2 + 1.777,78$$

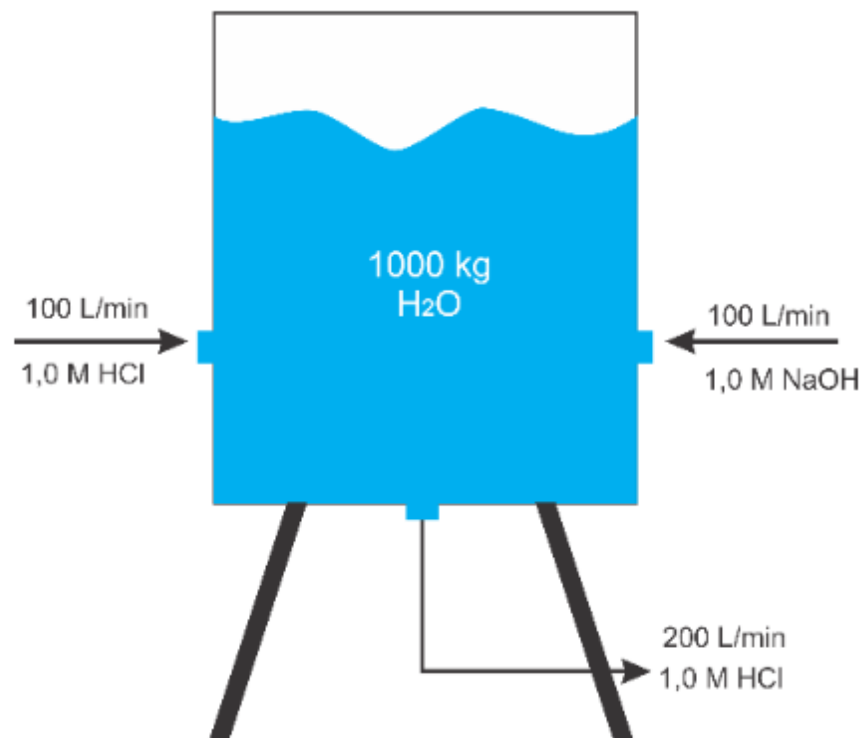
$$V_2 = 444,44$$

2.5. Neraca Massa dengan Reaksi Kimia

Contoh yang telah dijelaskan sebelumnya adalah sistem yang tanpa melibatkan reaksi kimia. Bagaimana dengan neraca massa yang melibatkan reaksi kimia? Untuk menjelaskan ini, berikut adalah reaksi NaOH dan HCl:



Reaksi berikut menunjukkan bahwa terjadi sistem steady-state seperti Gambar 2.10.



Gambar 2.11. Reaktor untuk Menetralkan HCl dengan NaOH



Reaksi tersebut berlangsung secara stoikiometri dengan jumlah NaOH 100 mol/min dan HCl 100 mol/min.

Salah satu contoh reaksi adalah reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran adalah reaksi yang melibatkan senyawa hidrokarbon dan gas O_2 sebagai pereaksinya. Kelebihan dari udara tidak bisa diabaikan dalam reaksi ini. Kelebihan udara dinyatakan dengan % kelebihan udara atau % kelebihan O_2 .

$$\% \text{ kelebihan udara} = \frac{\text{udara masuk} - \text{udara teori}}{\text{udara teori}} \times 100\%$$

(Pers.2.6)

Berdasarkan persamaan 2.1. diketahui bahwa udara mengandung unsur Nitrogen 79% dan unsur Oksigen 21%.

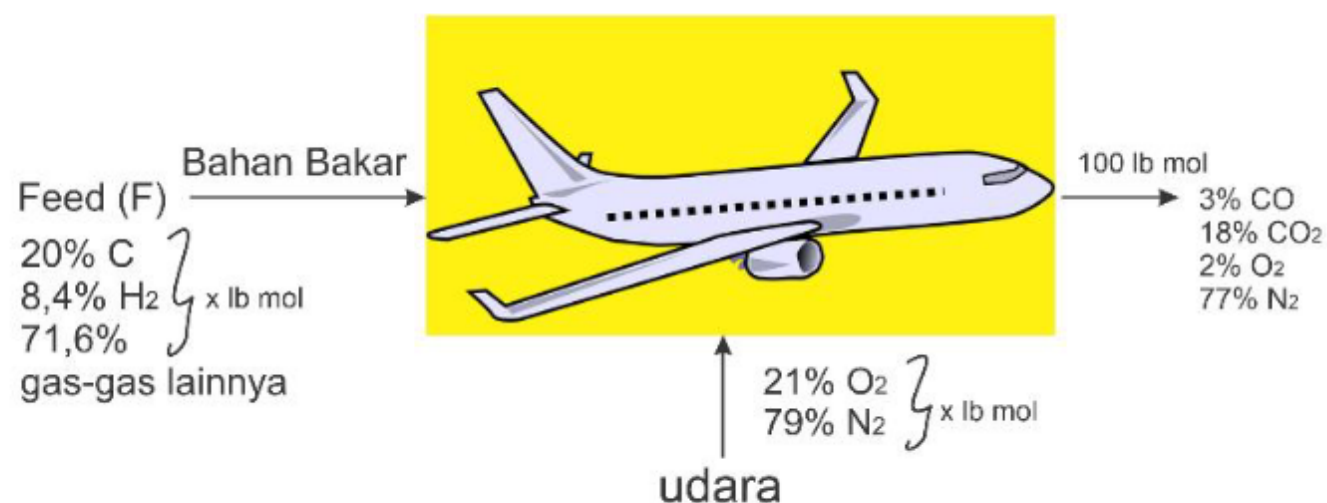
Neraca massa dengan reaksi kimia multi-komponen

Sebuah pesawat memiliki bahan bakar gas yang terdiri dari 20% C dan 8,4% H₂ dan sisanya terdiri dari gas-gas yang diabaikan. Bahan bakar pesawat ini lalu dibakar dengan udara berlebihan, maka akan menghasilkan gas. Setelah dianalisa ternyata gas tersebut mengandung 18% CO₂, 3% CO, 2% O₂ dan sisanya N₂. Tentukan:

- Berapa lb mol udara yang dibutuhkan untuk menghasilkan 100 lb mole gas?
- Dari hasil Analisa berapa % kelebihan oksigen yang dibutuhkan?

Penyelesaian:

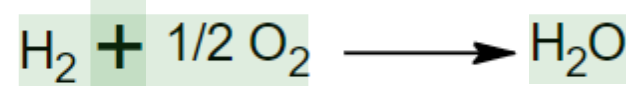
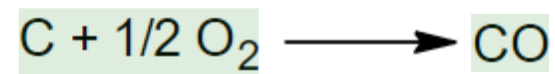
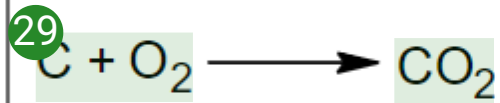
Sebelum menyelesaikan permasalahan berikut, kita harus menggambarkan ³³ bahan yang masuk ke dalam pesawat dalam hal ini adalah bahan bakar dan udara dan yang keluar dari pesawat yaitu gas-gas. Berikut adalah ilustrasinya:



Gambar 2.12. Ilustrasi Neraca Massa

Basis dalam permasalahan ini adalah 100 lb mol

Reaksi yang terjadi:



Bahan yang masuk:

Bahan bakar

C = 20% → 0,2 lb mol

H = 8,4% → 0,084 lb mol

Gas-gas lain = 71,6% → 0,716 lb mol

Udara

O₂ = 21 → 0,21 lb mol

N₂ = 79 → 0,084 lb mol

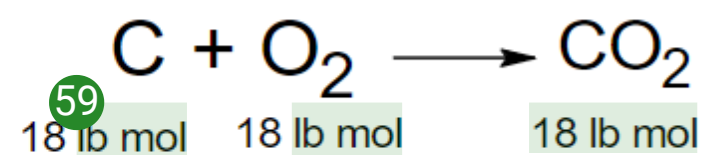
Bahan yang keluar:

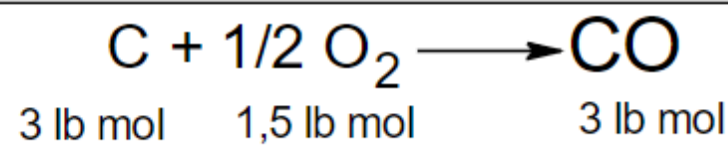
CO₂ = 18⁹ lb mol

CO = 3 lb mol

O₂ = 2 lb mol

N₂ = 77 lb mol





Total C yang keluar:

$$3 + 18 = 21 \text{ lb mol}$$

Total O₂ yang keluar:

$$2 + 1,5 + 18 = 21,5 \text{ lb mol}$$

Total N₂ yang keluar = 77 lb mol

$$\begin{aligned} \text{a. Total udara yang dibutuhkan} &= 77 + 21,5 \text{ lb mol} \\ &= \mathbf{98,5 \text{ lb mol}} \end{aligned}$$

b. Kandungan Oksigen yang dibutuhkan

$$= 0,21 \times 98,5 = 20,69 \text{ lb mol}$$

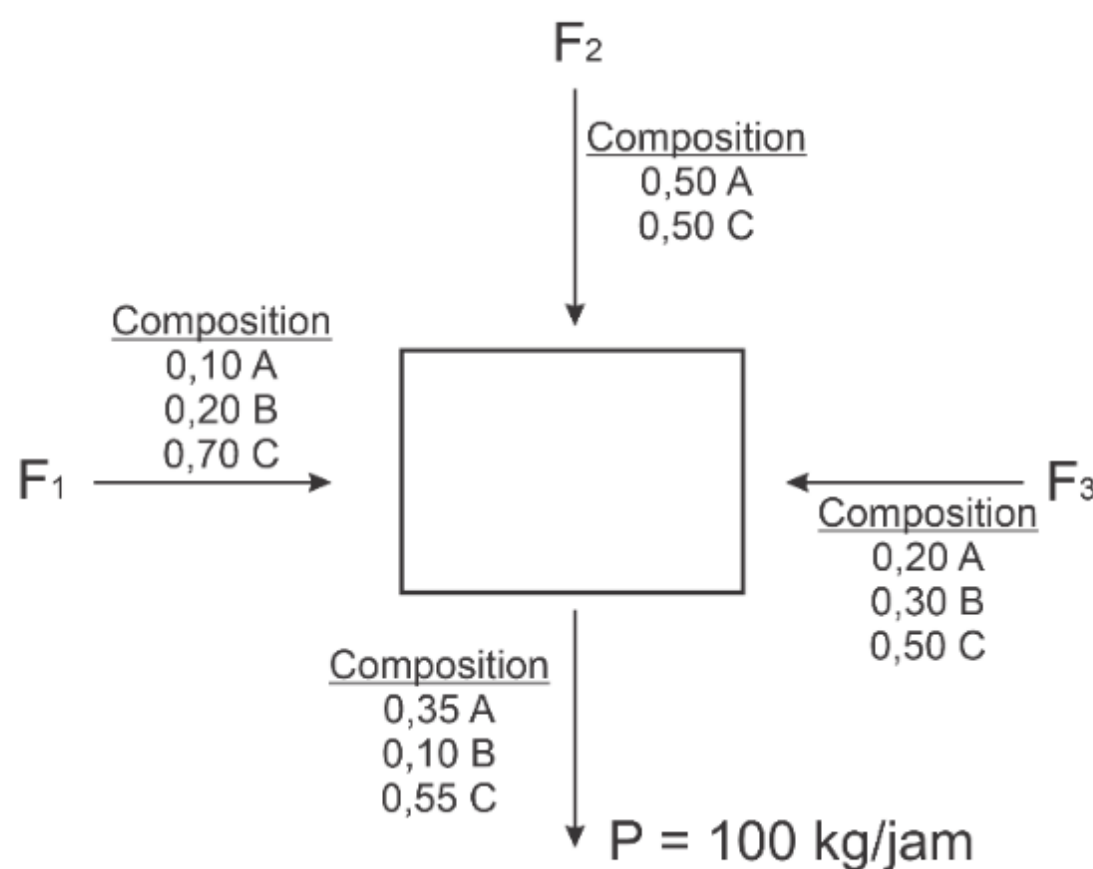
Jadi kelebihan O₂ = 2 – 1,5 lb mol = 0,5 lb mol

$$\% \text{O}_2 = \frac{0,5}{(20,69 - 0,5)} \times 100\% = \mathbf{2,48 \%}$$

Latihan 2.

1. Perusahaan minyak mencampurkan minyak nomor 10 sebanyak 300 kg/min dan minyak nomor 40 sebanyak 40 kg/min dalam sebuah tangki. Minyak tersebut tercampur dengan baik lalu dikeluarkan dengan kecepatan 380 kg/min. Dapat diasumsikan bahwa tidak ada oli pada awal proses pencampuran. Berapakah banyak minyak pada tangki setelah satu jam? Gambarkan diagram prosesnya.

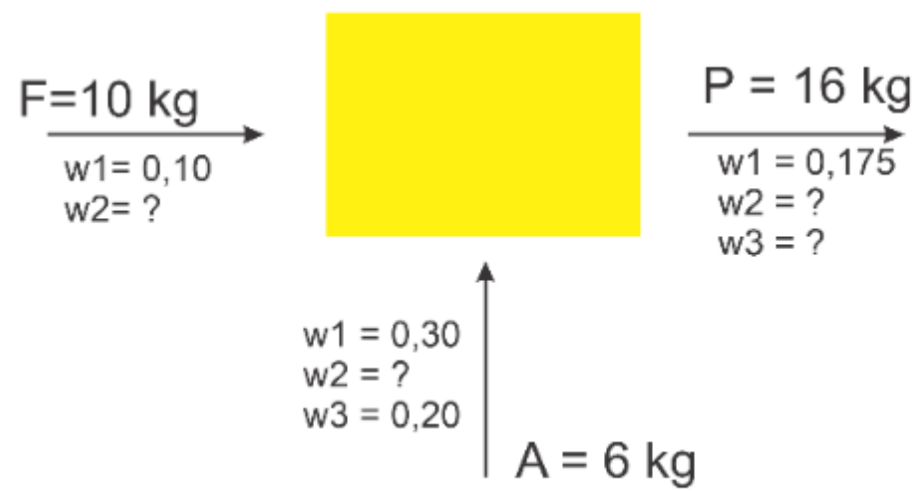
2. Seratus kilogram gula dilarutkan dalam 500 kg air di sebuah wadah silinder yang terbuka. Setelah dibiarkan selama 10 hari, 300 kg larutan gula hilang. Dapatkah Anda menjelaskan kondisi tersebut dalam konsep neraca massa?
3. Berdasarkan Gambar 2.13. berapakah banyak persamaan dari neraca massa yang terjadi? Tuliskan semua persamaan berikut! Berapa banyaknya persamaan neraca massa unsur yang terjadi di dalam gambar berikut!



Gambar 2.13.

4. Tangki yang mengandung 90% nitrogen dicampur dengan Tangki B yang mengandung 30% nitrogen untuk mendapatkan tangka 65%. Tentukan rasio dari Tangki A dan Tangki B.

5. Dalam proses *steady state* (tanpa reaksi) seperti pada Gambar 2.14. Anda diminta untuk menentukan variable yang kosong tersebut!



Gambar 2.14



BAB 3

Neraca Energi

Tujuan Anda mempelajari Bab ini:

1. Istilah yang digunakan dalam neraca energi
2. Jenis-jenis dari Energi
3. Aplikasi Neraca Energi

Nutrition Facts	
Serving size	
Amount Per Serving	
Calories	35
% Daily Value*	
Total Fat 0g	0%
Saturated Fat 0.05g	0%
Trans Fat 0g	
Cholesterol 0mg	0%
Sodium 5mg	0%
Total Carbohydrate 7g	3%
Dietary Fiber < 1g	2%
Total Sugars < 1g	
Includes 0g Added Sugars	0%
Protein < 1g	2%
Not a significant source of vitamin D, calcium, iron, and potassium	
*The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.	

Gambar 3.1. Informasi Mengenai Nutrisi pada Suatu Produk

Gambar 3.1. sering Anda lihat ketika membeli produk di supermarket seperti cemilan, susu atau produk makanan lainnya. Gambar ini menjelaskan mengenai kandungan nutrisi yang terdapat dalam makanan yang akan dibeli. Pada Bab 3, kita akan membahas mengenai neraca energi dan pembahasan ini berhubungan dengan konsep hukum kekekalan energi. Hukum kekekalan energi adalah suatu energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan namun hanya dapat diubah bentuknya.

3.1. Istilah dalam Neraca Energi

Pada perhitungan neraca energi dibutuhkan beberapa istilah untuk memudahkan para engineer menyelesaikan beberapa permasalahan yang terjadi. Beberapa istilah akan dijelaskan untuk menjelaskan kondisi yang spesifik yang tidak berubah di dalam

sebuah proses. Oleh sebab itu, konsep ini sangat penting untuk dipahami.

- a. Sistem adalah kuantitas dari zat yang menjadi pengamatan.
- b. Lingkungan adalah segala sesuatu selain sistem.
- c. Pembatas (*Boundary*) adalah permukaan yang menjadi pemisah antara sistem dari lingkungan.
- d. Sistem terbuka adalah terjadi pertukaran energi antara sistem dan lingkungan.
- e. Sistem tertutup adalah tidak terjadi pertukaran energi dari sistem dan lingkungan.
- f. *State* adalah keadaan di dalam sistem seperti suhu, tekanan, komposisi dan lainnya.
- g. *Steady state* adalah akumulasi di dalam sistem yang alur masuk dan alur keluarnya adalah nol.
- h. *Unsteady state* adalah sistem yang tidak *steady state*.
- i. Sistem *adiabatic* adalah sistem yang tidak terjadi pertukaran panas dengan lingkungannya selama proses berlangsung.
- j. Sistem isothermal adalah sistem yang suhunya tidak berubah selama proses berlangsung.
- k. Sistem isobaric adalah sistem yang tekanannya tidak berubah selama proses berlangsung.
- l. Sistem isohorik adalah sistem yang didalamnya volume tidak berubah selama proses berlangsung.

3.2. Jenis-Jenis Energi

Sebelum membahas mengenai neraca energi, Anda harus mengetahui mengenai jenis-jenis energi dan simbolnya. Energi dapat berbentuk panas (Q) yaitu jumlah dari panas yang ditransferkan dari atau ke

sistem dalam waktu tertentu. Jika kita ingin menyebutkan kecepatan dari transfer, maka simbolnya adalah $\dot{Q}$ dengan penambahan (^). Energi dapat juga didefinisikan sebagai kapasitas melakukan kerja atau mentransfer panas.

3.2.1. Energi Kerja

Energi kerja dengan besaran W ⁵³ sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya seperti saya pergi bekerja, namun kali ini lebih spesifik yang berhubungan dengan neraca energi. Energi kerja adalah bentuk dari energi yang menjelaskan proses transfer energi antara sistem dan lingkungan.

Energi kerja tidak dapat disimpan sehingga energi kerja dikatakan bernilai positif ketika lingkungannya bekerja di dalam sistem dan sebaliknya dikatakan negative ketika sistem bekerja di lingkungannya. Energi kerja terbagi menjadi beberapa bagian yaitu:

3.2.1.1. Energi Mekanik

Energi ini terjadi dikarenakan tekanan dari mesin yang berpindah dari batas ke sistem.

$$W = \int_{state\ 1}^{state\ 2} F \cdot ds \quad (\text{Pers.3.1})$$

F adalah gaya eksternal yang memiliki arah sedangkan ds sulit untuk didefinisikan disebabkan jumlah dari kerja mekanik dilakukan oleh sistem atau di sistem.

3.2.1.2. Energi Listrik

Energi ini terjadi ketika sebuah muatan listrik melewati hambatan di dalam sirkuit. Jika sistem menghasilkan arus listrik misalnya pada generator dan arus listrik melewati hambatan listrik di luar sistem dan mengakibatkan energi listrik bernilai negative disebabkan energi listrik terjadi di lingkungan. Sebaliknya, jika energi listrik terjadi di dalam sistem dan arus listrik dihasilkan sistem, maka energi listrik bernilai positif.

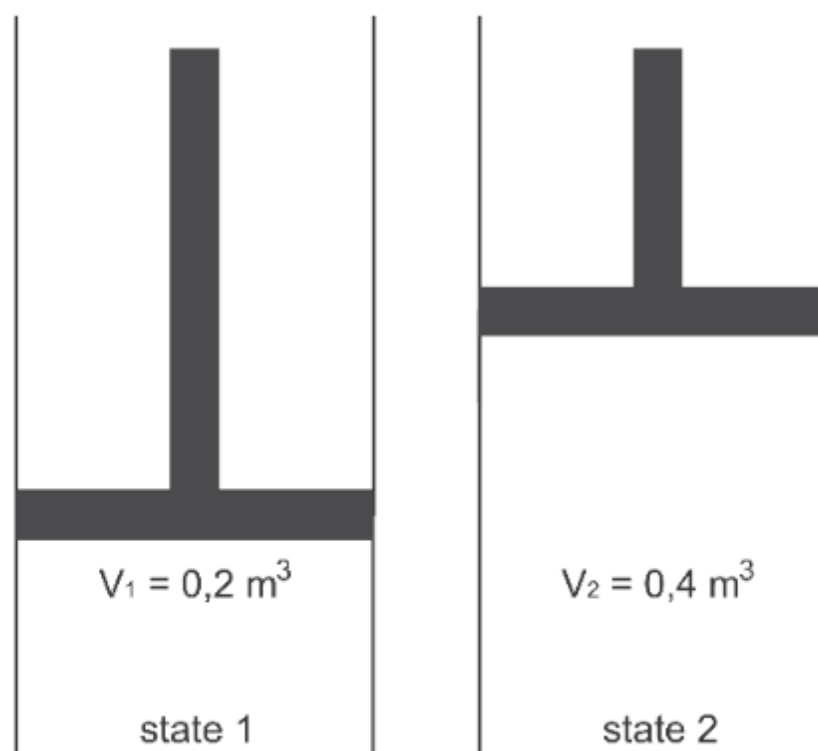
3.2.1.3. Energi Alir

Energi ini adalah energi fluida yang didorong ke dalam sistem dari lingkungan. Contohnya ketika sebuah fluida memasuki pipa, beberapa energi dilakukan ke dalam sistem untuk memaksa fluida masuk ke dalam pipa.

Perhitungan Energi Mekanik oleh Piston

Sebuah gas ideal memiliki suhu 300 K dan tekanan 200kPa ditutup di dalam sebuah silinder dari frictionless piston. Gas secara lambat memaksa piston sehingga volume gas mengembang dari 0.2 menjadi 0.4 m³. Hitung kerja yang dilakukan oleh gas ke piston jika terjadi dua situasi berikut:

- Ekspansi volume terjadi pada keadaan isobaric
- Ekspansi volume terjadi pada keadaan isothermal.



Gambar 3.2. Ekspansi Gas

Permasalahan ini berhubungan dengan konsep gas ideal sehingga menggunakan rumus

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{200 \text{ kPa} \times 0,2 \text{ m}^3}{300 \text{ K} \times 8,314} = 0,00802 \text{ kg mol}$$

Permasalahan ini melibatkan kerja mekanik yang dilakukan oleh sistem di piston per satuan luas. Kerja yang dilakukan bernilai negative karena dilakukan oleh sistem sehingga rumusnya adalah

$$W = - \int_{state\ 1}^{state\ 2} \frac{F}{A} \times A ds = - \int_{v_1}^{v_2} p dV$$

(a) Untuk situasi isobarik

$$W = -p(V_2 - V_1)$$

$$= - \left\langle \frac{200 \times 10^3 \text{ Pa}}{1} \left| \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ (m}^2\text{)(Pa)}} \right| 0,2 \text{ m}^3 \left| \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ (N)(m)}} \right| \right\rangle = -40 \text{ kJ}$$

(b) untuk situasi isothermal

$$W = - \int_{v_1}^{v_2} \frac{nRT}{V} dV = -nRT \times \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$$

$$W = - \frac{0,00802 \text{ kg mol}}{1} \left| \frac{8,314 \text{ kJ}}{(\text{kg mol})(\text{K})} \right| \frac{300 \text{ K}}{1} \ln 2$$

$$= -20 \ln 2 = 13.86 \text{ kJ}$$

3.2.2. Energi Panas

Energi panas (Q) didefinisikan sebagai ⁵ bagian dari total energi yang mengalir ke dalam sistem yang disebabkan perbedaan suhu antara sistem dan lingkungan atau antara dua sistem. Jika kita membahas mengenai panas maka arti sebenarnya adalah transfer panas atau aliran panas. Seperti ¹⁵ hukum kekekalan energi, energi panas juga tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan. Panas bernilai positif ketika ditransfer ke sistem.

Proses yang di dalamnya tidak ada transfer terjadi disebut proses adiabatic (Q=0). Contohnya proses adiabatic melibatkan proses yang di dalamnya sistem dan lingkungannya memiliki suhu yang sama dan juga proses yang didalamnya sistem terisolasi.

Transfer panas sering dikategorikan menjadi tiga yaitu konduksi, konveksi dan

radiasi. Panas juga memiliki arah sehingga untuk mengevaluasi transfer panas secara kuantitatif, seharusnya menggunakan neraca massa atau menggunakan rumus empiris untuk mengestimasi transfer panas. Berikut adalah rumus kecepatan transfer panas secara konveksi:

$$\bar{Q} = U A (T_2 - T_1)$$

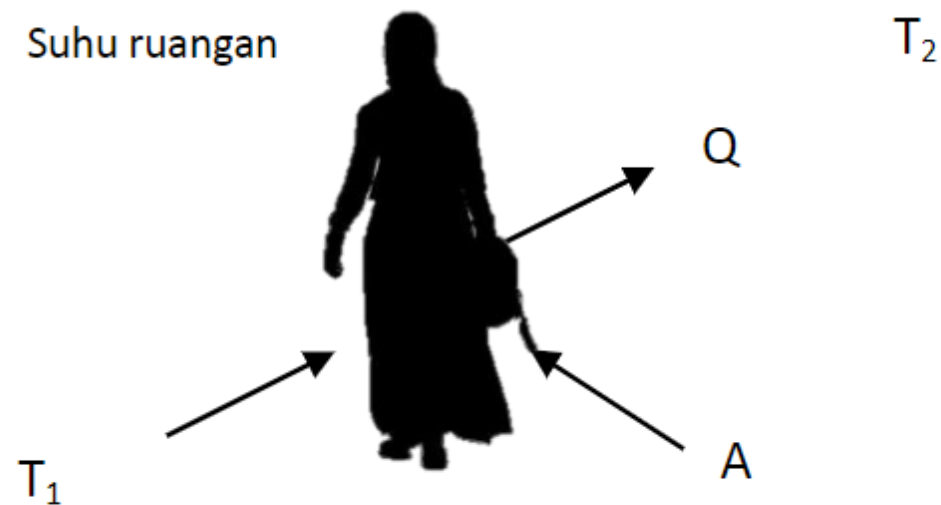
Keterangan:

$\bar{Q}$ = kecepatan transfer panas (J/s)

A = luas dari transfer panas (m^2)

$(T_2 - T_1)$ = perbedaan temperature antara lingkungan (T_2) dan sistem (T_1) dalam ($^{\circ}C$)

U = koefisien yang ditentukan dari data experiment ($J/(s)(m^2)(^{\circ}C)$)



Gambar 3.3. Transfer Panas dari Manusia

Berdasarkan Gambar 3.3. dapat dilihat terjadi transfer panas dari tubuh manusia terjadi. Jika suhu tubuh (sistem) T_1 adalah

27,35°C dan suhu lingkungan T_2 (suhu ruangan) = 25°C. A adalah 1,5m² dan U adalah 7 J/s/(m²)(°C).

$$Q = \frac{7 \text{ J/s}}{(\text{m}^2)(^\circ\text{C})} \left| \frac{1.5 \text{ m}^2}{1} \right| \frac{(25 - 27,35)^\circ\text{C}}{1} \\ = -24,675 \text{ J/s}$$

3.2.3. Energi Kinetik

Energi kinetic (EK) adalah energi di dalam sistem dikarenakan adanya kecepatan dari suatu benda.

$$EK = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{Pers.3.3})$$

Untuk spesifik energi:

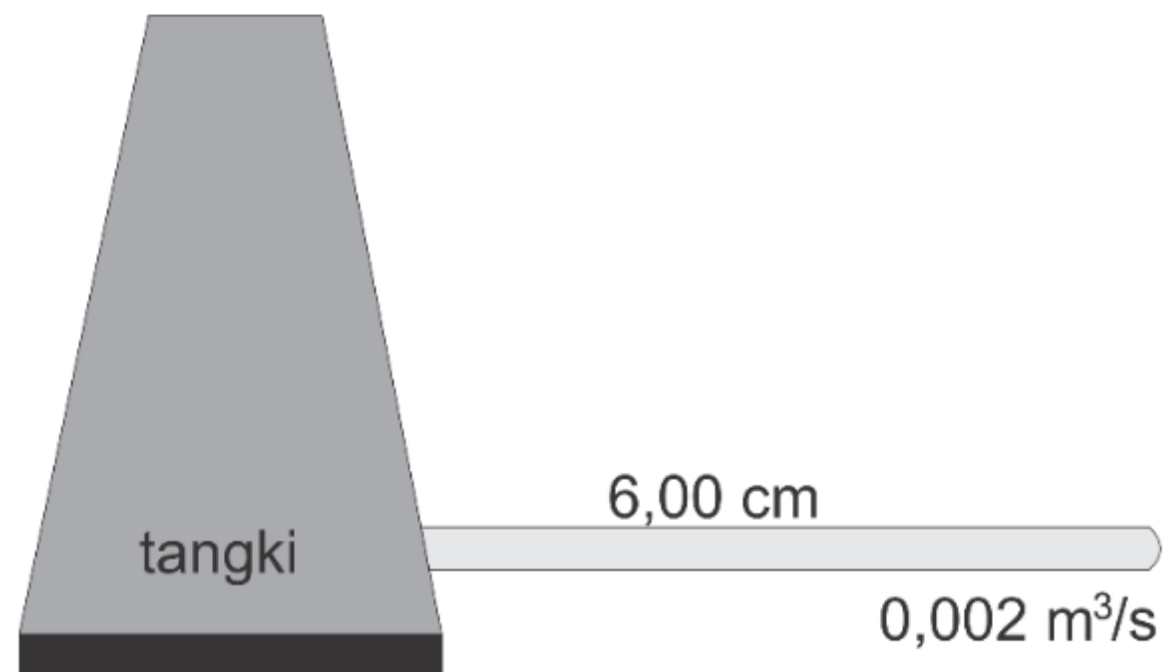
$$\widehat{EK} = \frac{1}{2}v^2 \quad (\text{Pers.3.4})$$

Tanda (^) memberikan arti energi per satuan massa (bukan total energi).

Perhitungan Spesifik Energi Kinetik untuk Aliran Fluida

12
Air dipompa dari sebuah tangka melalui pipa yang memiliki diameter dalam 6,00 cm dengan kecepatan 0,002 m³/s. Hitung spesifik energi kideetik dari air di dalam pipa?

Penyelesaian:



Gambar 3.4. Aliran Fluida dari Tangki

Basis = $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ air

Dapat diasumsikan bahwa densitas air (ρ) = $\frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3}$

Jari-jari pipa (r) = $\frac{1}{2} (6,00 \text{ cm}) = 3,00 \text{ cm}$

$$v = \frac{0,002 \text{ m}^3}{\text{s}} \left| \frac{1}{\pi (3,00)^2 \text{ cm}^2} \right| \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^2$$
$$= 0,708 \text{ m/s}$$

$$EK = \frac{1}{2} \left| \left(\frac{0,708 \text{ m}}{\text{s}} \right)^2 \right| \left| \frac{1 \text{ (N)(s}^2\text{)}}{1 \text{ (kg)(m)}} \right| \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ (N)(m)}}$$
$$= 0,354 \text{ J/kg}$$

3.2.4. ⁵² Energi Potensial

Energi Potensial (EP) adalah energi yang sistemnya memengaruhi posisi (ketinggian). Contohnya ketika seseorang memanjat pohon, maka terdapat energi potensial seperti pada Gambar

Anda dapat menghitung energi potensialnya menggunakan rumus:

$$EP = m \cdot g \cdot h \quad (\text{Pers.3.4})$$

spesifik energi potensial:

$$\widehat{EP} = g \cdot h \quad (\text{Pers.3.5})$$

³¹ Keterangan:

EP = Energi potensial (J)

$\widehat{EP}$ = Energi potensial persatuan massa (J/kg)

m = massa

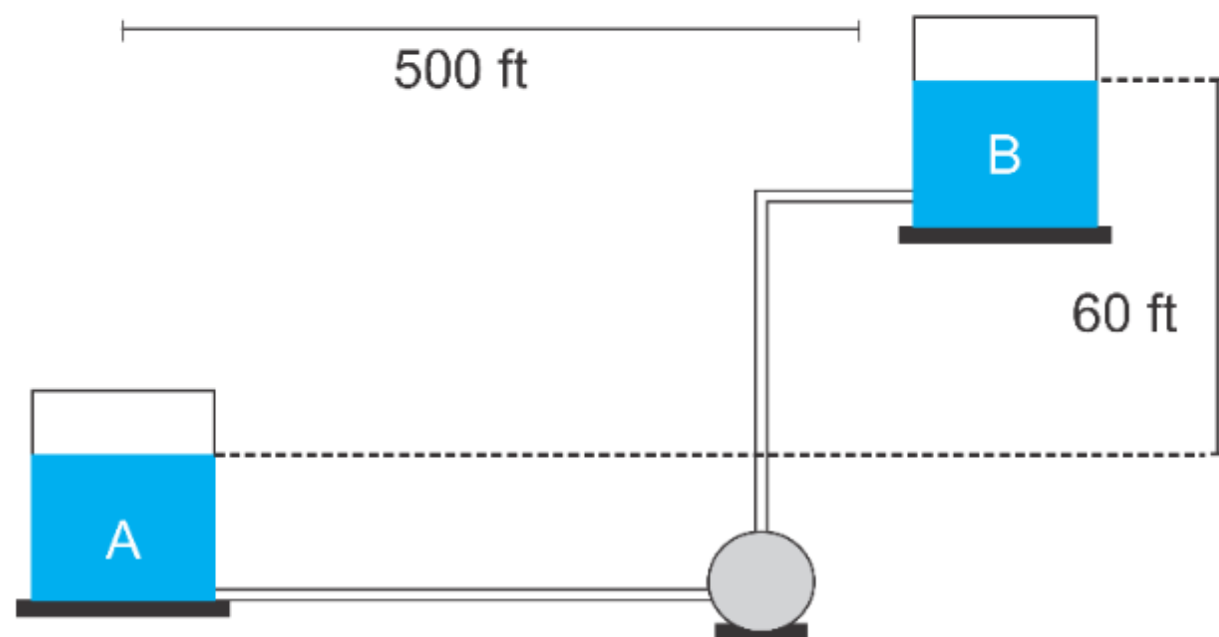
g = gaya gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian

Perhitungan Energi Potensial dari Perubahan Air

Air dipompa dari sebuah reservoir A ke reservoir B dengan ketinggian 500 ft. ketinggian dari air pada reservoir B adalah 60 ft di atas ketinggian air di reservoir pertama. Hitunglah peningkatan energi potensial spesifik pada air dalam satuan Btu/lb_m ?

Penyelesaian:



Gambar 3.5. Potensial Energi dari Air

Berdasarkan Gambar 3.5 dan permasalahan tersebut ditanyakan perubahan energi potensial yang terjadi per satuan massa (dalam hal ini adalah satuan pound).

$$\begin{aligned} \Delta \widehat{PE} &= \frac{32,2 \text{ ft}}{s^2} \left| \frac{(60 - 0) \text{ ft}}{32,2 \text{ (lb}_m\text{)(ft)}} \right| \frac{1 \text{ (lb}_f\text{)(s}^2\text{)}}{778,2 \text{ (ft)(lb}_f\text{)}} \\ &= 0,0771 \text{ Btu/lb}_m \end{aligned}$$

3.2.5. Energi Dalam

Energi dalam (U) adalah konsep makroskopik dari energi molekular, atomik dan sub-atomik. Energi dalam dapat disimpan disebabkan karena tidak adanya alat yang tersedia untuk

mengukur energi dalam secara langsung. Energi dalam harus dihitung dengan variable lain yang dapat diukur secara makroskopik seperti tekanan, volume, suhu dan komposisi.

Energi dalam per satuan massa dapat disimbolkan dengan $\hat{u}$ dari variable yang dapat diukur. Untuk fase tunggal atau komponen tunggal $\hat{u}$ dinyatakan sebagai fungsi dari T dan $\tilde{V}$.

$\hat{u} = \hat{u}(T, \tilde{V})$ sehingga

(Pers.3.6)

$$d\hat{U} = \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial T} \right)_{\tilde{V}} dT + \left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial \tilde{V}} \right)_T d\tilde{V}$$

$\left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial T} \right)_{\tilde{V}}$ adalah kapasitas panas atau panas spesifik pada volume konstan dengan symbol c_v . c_v memiliki satuan J/(kg)(K) berarti jumlah dari panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada dalam satu kilogram. $\left(\frac{\partial \hat{U}}{\partial \tilde{V}} \right)_T$ nilainya sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Berdasarkan hal ini, dapat diperoleh persamaan:

$$\Delta \hat{U} = \hat{U}_2 - \hat{U}_1 = \int_{\hat{U}_1}^{\hat{U}_2} d\hat{U} = \int_{T_1}^{T_2} c_v dT \quad (\text{Pers.3.7})$$

Berdasarkan persamaan 3.6 adalah fungsi dari suhu sehingga jika terjadi perubahan fase (saat suhu tidak berubah) maka persamaan ini tidak berlaku. Selain itu, yang menjadi catatan adalah Anda hanya dapat mengukur perbedaan dari energi dalam atau menghitung energi dalam dengan energi dalam referensinya.

$$\Delta \hat{U} = (\hat{U}_2 - \hat{U}_{ref}) - (\hat{U}_1 - \hat{U}_{ref}) = \hat{U}_2 - \hat{U}_1$$

$$\hat{U}_{total} = m_1 \hat{U}_1 + m_2 \hat{U}_2 + \dots + m_n \hat{U}_n \quad (\text{Pers.3.8})$$

Perhitungan Perubahan Energi Dalam Menggunakan Kapasitas Panas

Hitung perubahan energi dalam di saat udara mengandung 30 kg mol yang didinginkan dari 80°C menjadi 30°C pada volume konstan? ($C_v = 2,1 \times 10^4 \text{ J/(kg mol)(}^\circ\text{C)}$)

Penyelesaian

$$\begin{aligned} \Delta U &= 30 \text{ kg mol} \int_{80^\circ\text{C}}^{30^\circ\text{C}} \left(2,1 \times 10^4 \frac{\text{J}}{(\text{kg mol})(^\circ\text{C})} \right) dT \\ &= 6,3 \times 10^5 (30 - 80) \\ &= -31,5 \times 10^6 \text{ J} \end{aligned}$$

3.2.6. Entalpi

Entalpi (H) adalah istilah yang sering digunakan pada perhitungan neraca massa.

$$H = U + pV \quad (\text{Pers.3.9})$$

Menghitung spesifik entalpi $\hat{H} = \hat{U} + p\hat{V}$ (Pers.3.10) sehingga diperoleh persamaan

$$d\hat{H} = \left(\frac{\partial \hat{H}}{\partial T} \right)_p dT + \left(\frac{\partial \hat{H}}{\partial p} \right)_T dp \quad (\text{Pers.3.11})$$

$\left(\frac{\partial \hat{H}}{\partial T} \right)_p$ adalah kapasistas panas ketika tekanan konstan yang disimbolkan dengan C_p .

$\left(\frac{\partial \hat{H}}{\partial p}\right)_T$ nilainya sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Oleh sebab itu, diperoleh persamaan untuk perubahan entalpi yaitu:

$$\Delta \hat{H} = \hat{H}_2 - \hat{H}_1 = \int_{\hat{H}_1}^{\hat{H}_2} d\hat{H} = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT \quad (\text{Pers.3.12})$$

Entalpi untuk multi komponen maka persamaannya adalah

$$H_{total} = m_1 \hat{H}_1 + m_2 \hat{H}_2 + \dots + m_n \hat{H}_n \quad (\text{Pers.3.13})$$

Tidak ada angka yang absolut untuk entalpi sehingga yang dapat dihitung hanya perubahan entalpi.

$$\text{Kondisi awal pada sistem} = \hat{H}_1 - \hat{H}_{ref}$$

$$\text{Kondisi akhir pada sistem} = \hat{H}_2 - \hat{H}_{ref}$$

$$\text{Perubahan entalpi} = (\hat{H}_2 - \hat{H}_{ref}) - (\hat{H}_1 - \hat{H}_{ref}) = \hat{H}_2 - \hat{H}_1$$

Perhitungan Perubahan Entalpi

Hitung perubahan entalpi dengan di saat udara mengandung 30 kg mol yang didinginkan dari 80°C menjadi 20°C pada tekanan konstan? ($C_p = 2,9 \times 10^4 \text{ J/(kg mol)(}^\circ\text{C)}$)

Penyelesaian

$$\begin{aligned}\Delta U &= 30 \text{ kg mol} \int_{80^\circ\text{C}}^{20^\circ\text{C}} \left(2,9 \right. \\ &\quad \left. \times 10^4 \frac{\text{J}}{(\text{kg mol})(^\circ\text{C})} \right) dT \\ &= 8,7 \times 10^5 (20 - 80) \\ &= -52,2 \times 10^6 \text{ J}\end{aligned}$$

3.3. Aplikasi Neraca Energi

Neraca energi berkaitan langsung²² dengan hukum kekekalan energi yang berbunyi “Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan”. Pada bab⁵¹ sebelumnya, kita telah membahas mengenai jenis-jenis dari energi dan di sub-bab ini, kita mencoba menghubungkan jenis energi tersebut.

Terdapat empat kondisi untuk menghitung neraca energi yaitu:

- ³⁰ 1. Neraca energi untuk sistem tertutup dan sistem *unsteady-state*,
- ³⁰ 2. Neraca energi untuk sistem tertutup dan sistem *steady-state*,
3. Neraca energi untuk sistem terbuka dan sistem *unsteady state* dan,
4. Neraca energi untuk sistem terbuka dan sistem *steady-state*.

Kita akan menjelaskan konsep ini satu demi satu dan pengaplikasiannya dalam neraca energi tanpa reaksi. Sistem tertutup dan sistem *unsteady-state*. Jika Anda mengingat konsep ³⁴ sistem tertutup yang mengatakan bahwa tidak ada massa yang akan masuk atau pun keluar dari dalam sistem.

Jika hal ini terjadi, maka apa jenis energi yang akan bertukar antara sebuah sistem dan lingkungannya? Dari konsep ini yang diketahui hanyalah energi kerja dan energi panas. Konsep energi ini berhubungan langsung dengan proses batch. Proses batch adalah proses yang jumlah materialnya tetap pada periode waktu tertentu (tanpa pengurangan atau penambahan material).

Neraca energi untuk sistem tertutup dan sistem *unsteady-state* dalam waktu tertentu dapat dituliskan dengan persamaan seperti ini

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline \text{Akumulasi} & \text{Transfer net} & \text{Transfer net} \\ \text{energy dalam} & \text{dari energi} & \text{dari energi} \\ \text{sistem dari } t_1 & \text{masuk ke} & \text{yang keluar} \\ \text{ke } t_2 & \text{dalam sistem} & \text{dari sistem} \\ & \text{dari } t_1 \text{ ke } t_2 & \text{dari } t_1 \text{ ke } t_2 \\ \hline \end{array} \quad \text{(Pers.3.15)}$$

Dari persamaan ini dapat juga dituliskan:

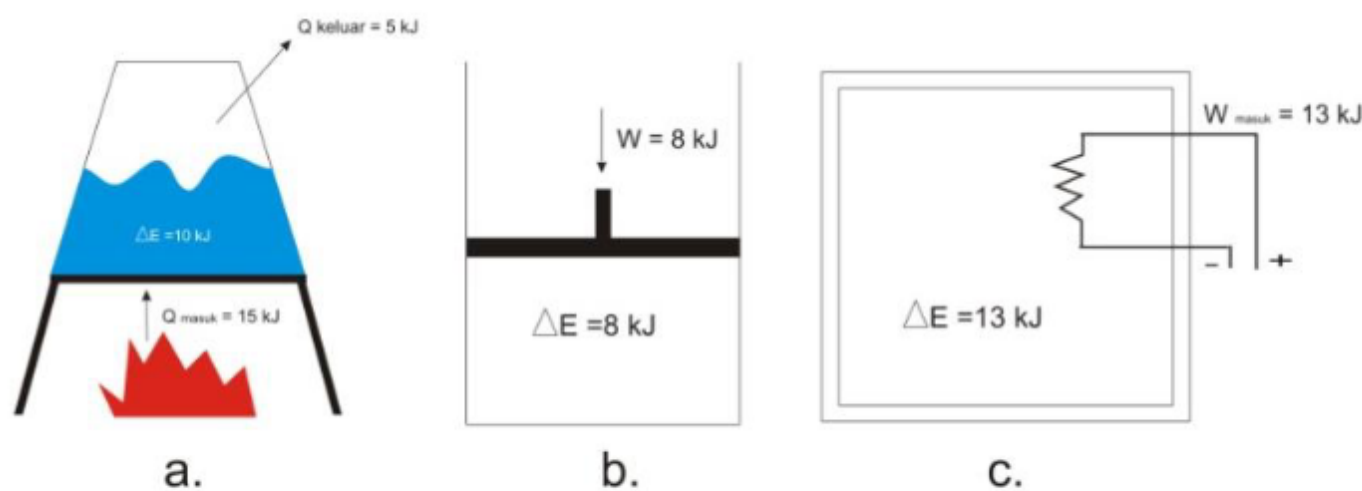
$$\Delta(U + EP + EK)_{dalam} = \Delta E = Q + W \quad \text{(Pers.3.16)}$$

Berdasarkan persamaan 3.16. yang harus diketahui bahawa Q dan W bernilai positif jika ditransferkan ke dalam sistem dan E merepresentasikan jumlah dari energi (U, EP dan EK).

Di sistem tertutup, nilai EP dan EK diabaikan sehingga persamaannya menjadi:

$$\Delta E = Q + W \quad (\text{Pers.3.17})$$

Persamaan 3.17. digunakan dalam neraca energi. Jika jumlah dari Q dan W bernilai positif, maka ΔE meningkat dan sebaliknya, jika negatif, maka ΔE menurun.



Gambar 3.6. Contoh Sistem Tertutup

Gambar 3.6. menjelaskan mengenai beberapa contoh dari sistem tertutup. Gambar 3.6.a diberikan panas sebesar 15 kJ dan panas yang diterima oleh sistem (air) adalah 10 kJ dan panas yang dikeluarkan ke lingkungan adalah 5 kJ. Gambar 3.6.b adalah sebuah piston yang diberikan kerja sebesar 8 kJ sehingga $\Delta E = 8 \text{ kJ}$ (di sistem). Terakhir Gambar 3.6.c adalah perbedaan arus listrik antara sistem dan lingkungan yang di dalamnya tidak terjadi transfer panas (energi listrik menjadi energi panas) dikarenakan sistemnya terisolasi (biasanya terjadi saat memanaskan menggunakan oven).

Penerapan Neraca Energi pada Sistem Tertutup

Sebuah sistem yang memiliki berat $1,567 \text{ m}^3$ yang dilarutkan dengan air menggunakan beberapa campuran. Suhu dalam larutan berikut adalah 10°C . Untuk mendapatkan residu keringnya, maka air harus diuapkan sebanyak 1 kg di dalam sistem. Berapakah panas yang dapat ditransfer ke sistem jika 1 kg dari air (dalam bentuk liquid) suhu 10°C seluruhnya menguap pada kondisi 100°C dan 1 atm ? $\hat{U}_{\text{awal}} = 35 \text{ kJ/kg}$ dan $\hat{U}_{\text{akhir}} = 2506,0 \text{ kJ/kg}$.

Penyelesaian:

Dari permasalahan ini dapat dilihat bahwa $\Delta EK=0$ dikarenakan tidak ada perubahan massa yang terjadi dan $\Delta EP=0$ karena tidak melibatkan ketinggian sehingga basis dari permasalahan ini adalah

Basis: $1 \text{ kg H}_2\text{O}$ (uap)

sehingga

$$Q = \Delta U = m\Delta\hat{U} = m(\hat{U}_2 - \hat{U}_1)$$

$$Q = 1 \text{ kg H}_2\text{O} \left| \frac{(2506,0 - 35) \text{ kJ}}{\text{kg}} \right| = 2471 \text{ kJ}$$

Pembahasan selanjutnya mengenai neraca energi untuk sistem tertutup pada sistem *steady-state*. Pada keadaan ini akumulasi di dalam sistem

adalah nol dan aliran dari Q dan W yang masuk dan keluar adalah konstant.

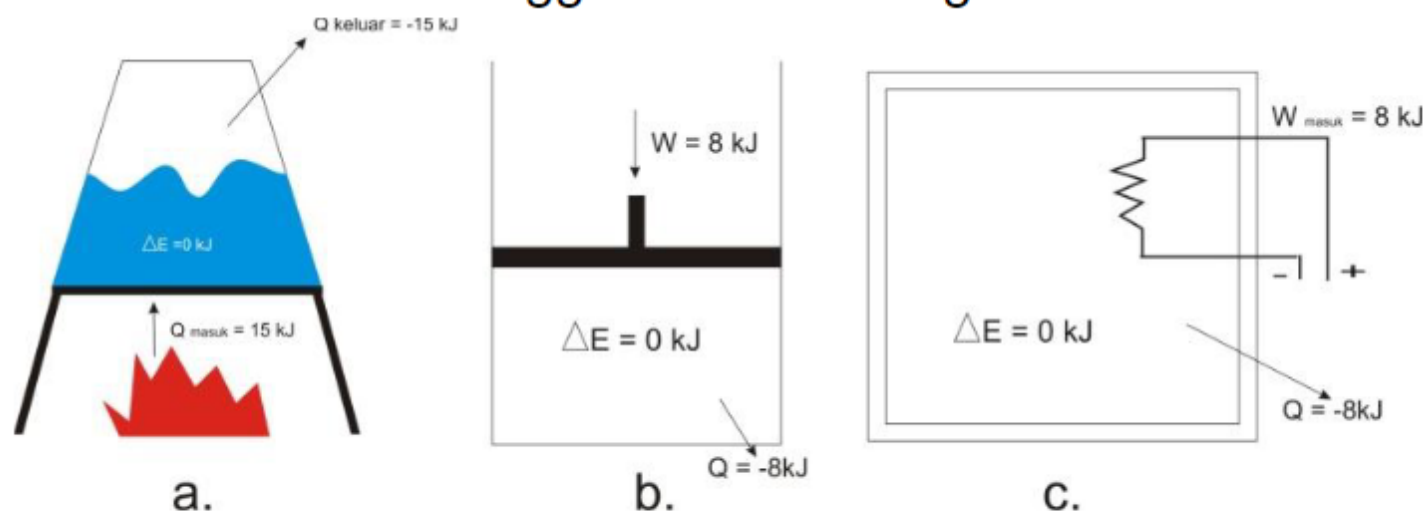
$$\Delta E_K = 0 \text{ dan } \Delta E_P = 0$$

$$\Delta U = 0 \text{ dan } \Delta E = 0$$

sehingga

$$Q + W = 0 \text{ atau } W = -Q \quad (\text{Pers.3.18})$$

Berdasarkan persamaan 3.18. ketika kerja dilakukan di dalam sistem tertutup dan *steady-state* sistem energi panas harus keluar dari dalam sistem sehingga Q bernilai negatif.



Gambar 3.7. Contoh Sistem Tertutup dan Sistem Steady State

Gambar 3.7. menjelaskan mengenai sistem tertutup dengan sistem *steady state*. Gambar 3.7a W bernilai 0 sehingga $Q=0$, gambar 3.7b W bernilai 8 kJ dan $Q = -8 \text{ kJ}$, dan Gambar 3.7b $W= 8 \text{ kJ}$ dan $Q = -8 \text{ kJ}$.

Kita telah membahas mengenai sistem tertutup, dan selanjutnya adalah sistem terbuka. Hal yang harus dimengerti pada sistem terbuka adalah akumulasi energi dalam neraca energi tidak sama dengan nol dikarenakan adanya perubahan nilai massa di dalam sistem, energi per satuan unit massa berubah di dalam sistem atau keduanya dapat terjadi sehingga akumulasi di dalam sistem

dapat dihitung dari t_1 ke t_2 sehingga akumulasi di dalam sistem dapat dihitung dari t_1 ke t_2 :

$$\Delta E = m_{t_2}(\hat{U} + \hat{EK} + \hat{EP})_{t_2} - m_{t_1}(\hat{U} + \hat{EK} + \hat{EP})_{t_1}$$

Transfer energi yang masuk ke dalam massa t_1 ke t_2

$$= m_1(\hat{U}_1 + \hat{EK}_1 + \hat{EP}_1) \quad (\text{Pers.3.20})$$

Transfer energi yang masuk ke dalam massa t_1 ke t_2

$$= m_2(\hat{U}_2 + \hat{EK}_2 + \hat{EP}_2)$$

$$\hat{W}_1 = \int_0^{\hat{V}_1} P_1 d\hat{V} = P_1(\hat{V} - 0) = P_1\hat{V}_1 \quad (\text{Pers.3.21})$$

di mana $\hat{V}$ adalah volume per satuan massa sehingga fluida di lingkungan dapat juga dikatakan fluida yang meninggalkan sistem $\hat{W}_2 = -P_2\hat{V}_2$.

Jika kedua rumus ini digabungkan, maka:

$$\Delta E = m_1(\hat{U}_1 + \hat{EK}_1 + \hat{EP}_1) - m_2(\hat{U}_2 + \hat{EK}_2 + \hat{EP}_2) + Q + W + P_1\hat{V}_1m_1 - P_2\hat{V}_2m_2 \quad (\text{Pers.3.22})$$

$$\Delta E = [(\hat{U}_1 + p_1\hat{V}_1) + \hat{EK}_1 + \hat{EP}_1]m_1 - [(\hat{U}_2 + p_2\hat{V}_2) + \hat{EK}_2 + \hat{EP}_2]m_2 + Q + W$$

Diketahui bahwa $\hat{H} = \hat{U} + p\hat{V}$, maka

$$\Delta E = (\hat{H}_1 + \hat{E}K_1 + \hat{E}P_1)m_1 - (\hat{H}_2 + \hat{E}K_2 + \hat{E}P_2)m_1 + Q + W$$

atau

$$\Delta E = E_{t_1} - E_{t_2} = Q + W - \Delta(H + EP + EK) \quad (\text{Pers.3.23})$$

7 Kita akan membahas mengenai neraca energi untuk sistem terbuka dan sistem *steady-state*. Dalam sistem *steady-state*, massa di dalam sistem sama pada keadaan awal dan keadaan akhir sehingga $\Delta E=0$,

$$Q + W = \Delta(H + EP + EK) \quad (\text{Pers.3.24})$$

Karena istilah energi di dalam neraca energi saat sistem terbuka didominasi oleh Q, W dan ΔH sementara itu ΔEP dan ΔEK tidak selalu digunakan pada persamaan 3.24 sehingga persamaan pada sistem terbuka saat proses *steady-state* tidak melibatkan energi potensial dan energi kinetik:

$$Q + W = \Delta H \quad (\text{Pers.3.25})$$

Aplikasi Neraca Energi pada Heat Exchanger

Susu dipanaskan dari suhu 15°C menjadi 25°C menggunakan air panas yang memiliki suhu dari 70°C menjadi 35°C. Berapa flow air dalam kg/min per kg/min dari susu? Diketahui ΔH (kJ/kg) air dan diasumsikan air jenuh sehingga bersifat sama dengan air, maka

T(°C)	ΔH (kJ/kg)
15	62,01
25	103,86
35	146,69
70	293,10

Penyelesaian:

Basis adalah 1 min (sama dengan 1 kg susu)

$$\frac{H_{keluar}}{[(1)\hat{H}_{susu,25^{\circ}\text{C}} + (m)\hat{H}_{air,35^{\circ}\text{C}}]} - \frac{H_{masuk}}{[(1)\hat{H}_{susu,15^{\circ}\text{C}} + (m)\hat{H}_{air,70^{\circ}\text{C}}]} = 0$$

$$[103,86 + (m) 146,69] - [62,01 + (m) 293,10] = 0$$

$$m = \frac{41,85}{146,41} = 0,29 \text{ (kg air panas/min)/(kg susu/min)}$$

Latihan 3.

1. Bagaimanakah keadaan yang di dalamnya Anda dapat mengabaikan transfer panas dalam konsep neraca energi?
2. Jelaskan istilah *zero* untuk sebuah proses *steady-state* dalam konsep neraca energi?
3. Jelaskan variable intensive yang biasanya digunakan untuk menspesifikkan nilai dari entalpi?

4. Pada kondisi tersebut yaitu (a) Energi Kinetik (b) Energi Potensial dapat diabaikan atau dihilangkan dari konsep neraca energi?
5. Sepuluh pound dari CO_2 pada suhu ruangan (80°F) disimpah di dalam tangka pemadam kebakaran yang mempunyai volume $4,00 \text{ ft}^3$. Berapakah banyak panas yang harus dihilangkan dari tangka pemadam kebakaran sehingga 40% dari CO_2 menjadi liquid?
6. Gas Argon di dalam sebuah plasma yang terisolasi dengan volume 2 L dipanaskan dengan pemanas hambatan listrik. Awalnya gas merupakan gas ideal yaitu 1,5 Pa dan 300 K. Pemanas 1000-ohm menunjukkan arus listrik 40 V dalam 5 menit (480 J kerja yang dilakukan di dalam sistem oleh lingkungannya) berapakah suhu dan tekanan akhir di dalam plasma? Massa dari heater adalah 12 g dan kapasitas panasnya adalah $0,35 \text{ J/(g)(K)}$. Dapat diasumsikan transfer panas melalui dinding plasma dari gas pada tekanan rendah diabaikan.
7. Anda mencampurkan 10 pounds air pada suhu 35°F , 4,00 lb dari sebuah es yang memiliki suhu 32°F dan 6,00 lb dan steam pada suhu 250°F pada tekanan 20 psia secara bersama-sama dalam sebuah container yang memiliki volume yang tetap. Berapakah suhu akhir dari campuran? Berapa banyak steam yang terkondensasi? Dapat diasumsikan volume di dalam container nilainya sama dengan volume awal dari steam dan container dalam keadaan terisolasi.

8. Air dipompa dari bawah sumur dengan kedalaman 15 ft dengan kecepatan 200 gal/jam ke dalam wadah tangka. Untuk mempertahankan volume dari air tangka yang memiliki kedalaman 165 ft di dasar tanah. Untuk menghindari keadaan membeku di saat musim dingin, maka dipasang sebuah pemanas kecil di dalam air yaitu 30.000 Btu/jam dan dipindahkan dari sumur ke dalam tangka. Panas hilang dari seluruh sistem pada kecepatan tetap yaitu 25.000 Btu/jam. Berapakah suhu air ketika masuk ke dalam tangka? Dapat diasumsikan bahwa sumur memiliki suhu 35°F. Sebuah pompa dengan daya 2 hp digunakan untuk memompa air. 55% dari kecepatan hp ke dalam pompa dan sisanya menghilang sebagai panas atmosfer.

DAFTAR PUSTAKA



Himmelblau dan Riggs.⁷ 2004. *Basic Principle and Calculations in Chemical Engineering*. New Jersey. Prentice Hall.

PROFIL PENULIS



Andi Suryanto lahir di Tellongeng Kabupaten Bone, 10 Agustus 1972, menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia Makassar (1992-1998). Bernama lengkap **Dr. Ir. Andi Suryanto, ST, MT, IPM, ASEAN**

Eng, melanjutkan pendidikan S2 di Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya (2002-2004). Pria ini besar dalam keluarga dari kampung tepatnya Desa Tellongeng Kecamatan Mare Kabupaten Bone, kemudian melanjutkan pendidikan S3 di Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya dan meraih gelar Doktor dalam bidang Teknologi Proses (2012-2016).

Doktor Teknologi Proses dengan *nickname* AS, saat ini selain aktif sebagai Dosen mahasiswa S1 di Jurusan Teknik Kimia FTI UMI dan mahasiswa S2 di Program Magister Teknik Kimia Pascasarjana UMI, juga beberapa jabatan yang pernah diamanahkan di Universitas Muslim Indonesia yaitu Penanggung Jawab Sistem Mutu Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia (2016-2020), Kepala Laboratorium Operasi Teknik Kimia FTI-UMI (2016-2020), Ketua Program Studi Magister Teknik Kimia (2017-2019), Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI-UMI (2019-Sekarang). Secara khusus, Andi Suryanto menekuni penelitian pada kajian pengembangan bahan bakar energi baru terbarukan selain itu mengajar mata kuliah inti pada Program Studi Teknik Kimia salah satunya mata kuliah Azas Teknik Kimia.



Hermin Hardyanti Utami, terlahir sebagai anak pertama dari dua orang bersaudara dari pasangan Syamsul Bachri dan Aminah, S.E pada tanggal 8 Oktober 1993. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan

Alam Universitas Negeri Makassar (2011-2015), lalu mengambil program Profesi Guru di Universitas yang sama dengan jurusan Teknik Kimia pada tahun 2017. Di Tahun yang sama yaitu 2017, dia juga melanjutkan program magister Program Studi Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia dan lulus pada tahun 2019.

Penulis saat ini aktif sebagai Dosen mahasiswa S1 di Jurusan Teknik Kimia FTI UMI. Penulis mengajar mata kuliah inti pada Program Studi Teknik Kimia salah satunya mata kuliah Azas Teknik Kimia. Beberapa pengalaman mengajar yang telah dilakukan salah satunya adalah penulis pernah mengikuti program Indonesia Mengajar selama setahun di tahun 2016 penempatan di Kabupaten Natuna, pulau Terluar Indonesia.

Membaca menjadi hobinya selain tentu saja menulis, travelling dan mendengarkan musik. Seorang pemimpi punya banyak hal untuk diraih. Salah satunya menjadi pengajar yang hebat dan memiliki visi hidup yaitu *equality of education in Indonesia* karena menurutnya semua anak-anak berhak mendapatkan Pendidikan yang layak khususnya di daerah pelosok Indonesia. Untuk mengenalnya lebih dekat, sapa dia di akun sosial medianya tamtamii_____ atau email tamifti@umi.ac.id.

AZAS TEKNIK KIMIA

Dilengkapi Soal-Soal Latihan

Buku ini membahas mengenai prinsip dari perhitungan dalam Teknik Kimia. Buku ini juga menjelaskan aplikasi dari industri kimia yang dapat dilihat dari contoh soal maupun soal latihan dan diperluas dalam lingkup teknik kimia yang mencakup bidang Bioteknologi, Teknik Lingkungan, dan Nanoteknologi. Bab awal menjelaskan mengenai konversi satuan dari satuan SI ke AE ataupun sebaliknya. Pembahasan selanjutnya adalah mengenai Neraca Massa dan Neraca Energi. Pembahasan ini terbagi menjadi beberapa pembahasan dalam sistem *steady-state*, sistem *unsteady-state*, sistem terbuka, dan sistem tertutup.

Penulis memberikan kemudahan pembaca untuk menggunakan buku ini dengan metode *problem solving* dan analisis data. Di awal pembahasan diberikan tujuan pembelajaran sehingga mahasiswa dapat mengetahui hal-hal yang menjadi poin penting dari pembahasan tertentu. Selanjutnya diberikan apersepsi sehingga mahasiswa lebih kontekstual memahami konsep dari prinsip dan perhitungan dalam Teknik Kimia. Selain itu, terdapat juga contoh soal yang membahas mengenai Konsep Neraca Massa dan Neraca Energi. Sebagai latihan, penulis juga menyajikan beberapa soal latihan sehingga mahasiswa dapat mengukur kemampuannya dalam memahami pembahasan.



Penerbit Insan Cendekia Mandiri
Perumahan Gardena Maisa 2 Blok F03, Koto Baru,
Kec. Kubung, Solok
Email : penerbitbic@gmail.com
Website : www.insancendekiamandiri.co.id



IKAPI
IKATAN PENERBIT INDONESIA

PENDIDIKAN

ISBN 978-623-348-336-0



9 786233 483360