



THERMOFISIKA

Modul Pedoman Lembar Kerja Mahasiswa

Yusraida Khairani Dalimunthe, S.Pd., M.Sc

Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi
Universitas Trisakti

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan pada Allah SWT atas rahmat dan karunianya sehingga Modul Pedoman Lembar Kerja Mahasiswa Thermofisika ini dapat terselesaikan sebagaimana mestinya.

Modul pedoman lembar kerja mahasiswa ini berisi rangkuman materi Thermofisika yang terdiri dari pengukuran suhu, pengaruh panas terhadap bahan, jumlah kalor, proses perambatan kalor, teori kinetik gas, termodinamika serta tekanan hidrostatika beserta soal-soal pada lembar kerja untuk tiap pertemuan, dari pertemuan pertama sampai pertemuan terakhir selama setengah semester yang kegiatannya diadakan pada semester genap setiap tahunnya.

Penulis menyadari tentu masih banyak kekurangan dalam penulisan modul pedoman lembar kerja mahasiswa ini, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan selanjutnya. Semoga Modul Pedoman Lembar Kerja Mahasiswa ini bermanfaat dan dapat menambah wawasan bagi siapapun.

Kampus Trisakti

Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
Lembar Kerja Pertemuan 1.....	1
Lembar Kerja Pertemuan 2.....	4
Lembar Kerja Pertemuan 3.....	8
Lembar Kerja Pertemuan 4.....	13
Lembar Kerja Pertemuan 5.....	17
Lembar Kerja Pertemuan 6.....	26
Lembar Kerja Pertemuan 7.....	30

Lembar Kerja Pertemuan 1

PENGUKURAN SUHU

1. Pengantar Suhu

Suhu adalah besaran fisika yang menunjukkan tingkat panas atau dinginnya suatu benda. Perbedaan suhu menyebabkan benda terasa panas, dingin, atau hangat saat disentuh. Namun, karena persepsi manusia bersifat subjektif, pengukuran suhu yang akurat memerlukan alat khusus yaitu termometer.

2. Pengertian Suhu

Suhu adalah besaran pokok dalam fisika yang digunakan untuk menyatakan derajat panas atau dinginnya suatu benda secara ilmiah dan terukur. Satuan suhu dalam Sistem Internasional adalah Kelvin (K), namun dalam kehidupan sehari-hari sering digunakan derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) dan Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).

3. Termometer

Termometer adalah alat untuk mengukur suhu. Prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan sifat zat akibat perubahan suhu. Jenis-jenis termometer antara lain: raksa, alkohol, digital, inframerah, bimetal, dan termokopel. Setiap jenis memiliki kelebihan dan kekurangan sesuai kebutuhan pengukuran.

4. Skala Suhu

Terdapat empat skala suhu utama: Celsius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Celsius digunakan luas di Indonesia, Fahrenheit di Amerika Serikat, dan Kelvin digunakan dalam konteks ilmiah.

5. Konversi Suhu

Konversi suhu antar skala dilakukan dengan rumus pada Tabel 1:

Tabel 1 Perbandingan suhu °C, °F, °R, °K

Dari	Ke Celcius	Ke Reamur	Ke Fahrenheit	Ke Kelvin
Celsius (C)	C	$C \cdot 4/5$	$(C \cdot 9/5) + 32$	$C + 273,15$
Reamur (R)	$R \cdot 5/4$	R	$(R \cdot 9/4) + 32$	$(R \cdot 5/4) + 273,5$
Fahrenheit (F)	$(F - 32) \cdot 5/9$	$(F - 32) \cdot 4/9$	F	$(F - 32) \cdot 5/9 + 273.15$
Kelvin (K)	$K - 273.15$	$(K - 273,15) \cdot 4/5$	$(K - 273.15) \cdot 9/5 + 32$	K

6. Aplikasi Suhu dalam Teknik Perminyakan

Suhu berperan penting dalam:

- Karakterisasi fluida reservoir
- Evaluasi formasi bawah permukaan
- Perhitungan metode EOR seperti steam injection
- Pengendalian pemisahan dan pemurnian
- Monitoring suhu peralatan
- Pemrosesan lanjut (refining) seperti distilasi dan cracking

PERTANYAAN

1. Apa yang dimaksud dengan suhu?
2. Alat apa yang digunakan untuk mengukur suhu?
3. Apa satuan suhu dalam Sistem Internasional?
4. Sebutkan tiga skala suhu yang umum digunakan!
5. Apa hubungan antara skala Celsius dan Reamur?
6. Jika suhu suatu benda 40°C , berapa suhunya dalam Reamur?
7. Jika suhu suatu benda 30°C , berapa suhunya dalam Fahrenheit?
8. Jelaskan prinsip kerja termometer raksa!
9. Mengapa alkohol digunakan dalam termometer untuk suhu rendah?
10. Apa kelebihan termometer digital dibandingkan termometer raksa?
11. Berapa suhu mutlak nol dalam skala Kelvin?
12. Jelaskan fungsi termokopel!
13. Apa fungsi kalibrasi termometer?
14. Jika suhu 27°C , berapa dalam Kelvin?
15. Apa yang dimaksud dengan suhu tubuh normal manusia dalam Celsius?
16. Termometer apa yang digunakan untuk mengukur suhu tubuh?
17. Bagaimana cara membaca termometer cair?
18. Apa itu termometer inframerah?
19. Sebutkan satu contoh penggunaan suhu dalam kehidupan sehari-hari!
20. Apa dampak kesalahan membaca termometer?
21. Tuliskan aplikasi pengukuran suhu dalam dunia Teknik Perminyakan!

Lembar Kerja Pertemuan 2

PENGARUH PANAS TERHADAP BAHAN

1. Pengantar Pemuaian

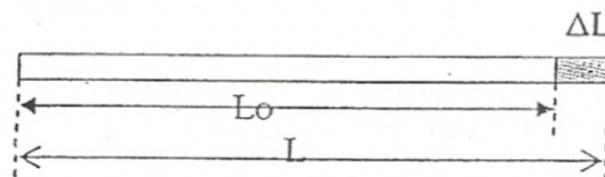
Pemuaian adalah fenomena bertambahnya ukuran suatu benda (panjang, luas, atau volume) akibat kenaikan suhu. Fenomena ini dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti rel kereta api yang diberi celah atau tutup botol yang lebih mudah dibuka setelah direndam air panas.

2. Pemuaian Zat Padat dan Cair

Zat padat dapat mengalami pemuaian panjang, luas, atau volume tergantung dari dimensi utama benda. Zat cair selalu mengalami pemuaian volume karena pengembangannya terjadi ke segala arah.

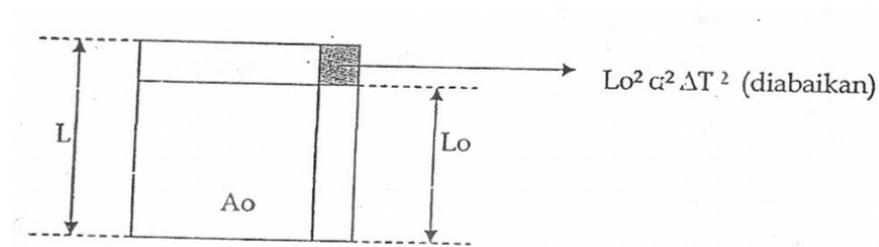
3. Jenis-Jenis Pemuaian

a. Muai Panjang: $\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$



Gambar 2.1 Muai panjang pada batang (Cholis dkk, 2008)

b. Muai Luas: $\Delta A = 2\alpha \cdot A_0 \cdot \Delta T$



Gambar 2.2 Muai luas pada batang (Cholis dkk, 2008)

c. Muai Volume: $\Delta V = 3\alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T$

α adalah koefisien muai linear. Muai volume berlaku untuk zat padat dan cair, sedangkan muai panjang dan luas hanya untuk zat padat.

4. Pemuaian Gas dan Hukum-Hukum Gas Ideal

Gas ideal adalah model gas dengan partikel tidak saling tarik-menarik dan bergerak bebas. Cocok untuk pendekatan perilaku gas nyata pada tekanan rendah dan suhu tinggi.

Hukum Boyle: $P \cdot V = \text{konstan}$ (T tetap)

Hukum Gay Lussac: $V \propto T$ (P tetap), $P \propto T$ (V tetap)

Gabungan hukum: $PV = nRT$, di mana R adalah konstanta gas ideal.

$R = 8,31 \text{ joule/mol.K} = 1,99 \text{ kalori/mol.K}$

$= 0,082 \text{ lt.atm/mol.K}$

1 joule = 0,24 kalori atau 1 kalori = 4,2 joule.

5. Aplikasi Pengaruh Panas dalam Teknik Perminyakan

Pemuaian dan efek panas sangat penting dalam industri perminyakan.

Contohnya:

- Pemuaian pipa karena panas aliran fluida dapat menyebabkan tekanan dan retak.
- Penggunaan injeksi uap (steam injection) untuk menurunkan viskositas minyak.
- Pemantauan suhu menggunakan sensor untuk menjaga keandalan peralatan.
- Pemanfaatan panas menjadi strategi penting untuk efisiensi dan keselamatan operasional.

PERTANYAAN

1. Apa yang dimaksud dengan pemuaian zat?
2. Berikan contoh pemuaian dalam kehidupan sehari-hari!
3. Sebutkan tiga jenis pemuaian pada zat padat!
4. Apa rumus muai panjang?
5. Hitung pertambahan panjang logam 2 m dengan $\alpha = 1,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ saat dipanaskan 50°C !
6. Apa pengaruh panas terhadap volume zat cair?
7. Apa rumus pemuaian volume?
8. Mengapa air menunjukkan anomali pemuaian?
9. Apa itu koefisien muai panjang?
10. Apa itu muai luas?
11. Hubungan antara koefisien muai panjang dan luas?
12. Hitung perubahan luas pelat logam 200 cm^2 , $\alpha = 1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, $\Delta T = 100^{\circ}\text{C}$!
13. Apa yang terjadi pada pipa logam saat dialiri fluida panas?
14. Sebutkan aplikasi pengaruh panas dalam teknik perminyakan!
15. Mengapa penting memantau suhu dalam produksi minyak?
16. Apa itu koefisien muai volume untuk zat cair?
17. Hitung ΔV cairan 1 L, $\beta = 4 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$, $\Delta T = 25^{\circ}\text{C}$!
18. Bagaimana pemuaian gas dijelaskan?
19. Hukum yang menjelaskan hubungan P dan V gas?
20. Apa akibat pemuaian pada sambungan jembatan atau jalan?
21. Suatu benda yang dibuat dari bahan baja mempunyai panjang 1000 cm. Berapa pertambahan panjang baja tersebut jika terjadi pergantian

suhu sebesar 50°C ?

22. Suatu logam kuningan mempunyai koefisien muai panjang $1,9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Batang kuningan sepanjang 40cm dipanaskan sampai suhu 130°C . Apabila suhu awal batang kuningan 30°C , maka berapakah panjang batang kuningan yang sekarang?
23. Batang tembaga sepanjang 50cm memiliki suhu awal 27°C . Koefisien muai panjang tembaga $1,8 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. Panjang tembaga pada suhu 77°C adalah ... cm
24. Diketahui suatu baja mempunyai koefisien muai panjang sebanyak $1,1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. Baja tersebut memiliki panjang awal 50cm kemudian dipanaskan hingga suhu 256°C sehingga panjangnya menjadi 50,11cm. Berapa suhu mula-mula baja tersebut?
25. Suatu bejana mempunyai volume 1 liter pada suhu 25°C . Apabila koefisien muai panjang bejana $2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, maka tentukan volume bejana pada suhu 75°C !
26. Pada suhu 30°C sebuah pelat besi luasnya 10 m^2 . Apabila suhunya dinaikkan menjadi 90°C dan koefisien muai panjang besi sebesar $0,000012/^{\circ}\text{C}$, maka tentukanlah luas pelat besi tersebut!

Lembar Kerja Pertemuan 3

JUMLAH KALOR

1. Konsep Jumlah Kalor

Jumlah kalor (Q) adalah energi panas yang diberikan atau dilepaskan oleh suatu zat.

Faktor yang memengaruhi jumlah kalor:

- Massa benda (m)
- Kenaikan suhu (ΔT)
- Kalor jenis zat (c)

Rumus:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

(Q dalam Joule, m dalam kg, c dalam $J/kg^\circ C$)

2. Kapasitas Panas dan Panas Jenis

- **Kapasitas panas (C):** Kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda per derajat.
- **Panas jenis (c):** Kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 gram zat sebesar $1^\circ C$.

Contoh: Air memiliki panas jenis $1 \text{ kal/gr}^\circ C$

3. Panas Jenis Molar

Panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 mol zat.

Jumlah molar suatu zat (n) adalah massa zat dibagi dengan berat molekul, ditulis:

$$n = (m/M)$$

dimana: M = berat molekul zat dan m adalah massa zat (gram)

Dalam satuan mole panas jenis zat dituliskan menjadi:

$$c = (\Delta Q / Mn \Delta T)$$

Hubungan antara kapasitas panas (H) dengan panas jenis (c), dapat dituliskan:

$$H = m c$$

4. Kalorimeter dan Azas Black

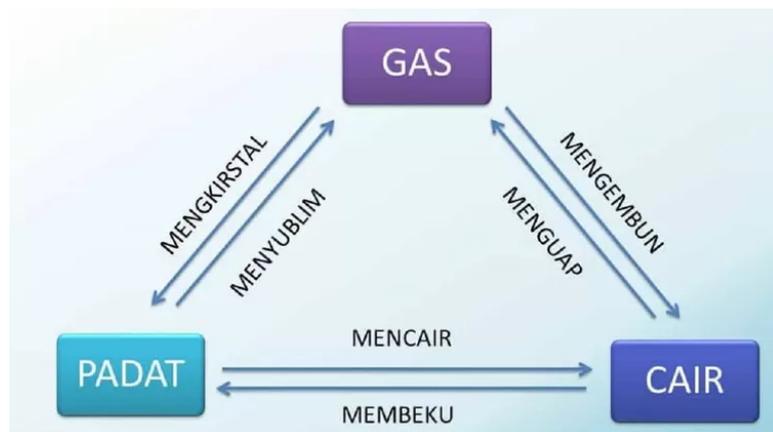
Kalorimeter adalah alat untuk mengukur pertukaran kalor.

Azas Black:

Kalor yang dilepas=Kalor yang diterima

5. Perubahan Fasa

Zat mengalami perubahan fasa: padat \rightleftharpoons cair \rightleftharpoons gas



Gambar 3.1 Skema perubahan wujud benda (sumber:

<https://assets.promediateknologi.id/crop/0x0:0x0/750x0/webp/photo/2022/11/12/884131117.jpeg>)

- Kalor lebur: mencairkan zat padat
- Kalor beku: membekukan zat cair
- Kalor uap: menguapkan zat cair
- Kalor embun: mengembunkan uap

Contoh pada air:

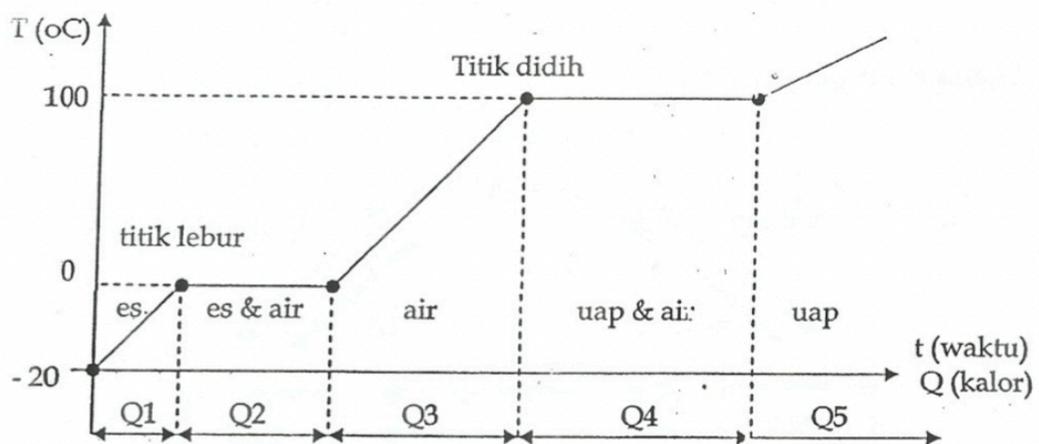
- Kalor lebur: 80 kal/gr

- Kalor uap: 540 kal/gr
- Titik lebur: 0°C
- Titik didih: 100°C

6. Grafik Pemanasan

Suhu zat tidak berubah selama perubahan fasa meskipun kalor terus ditambahkan (digambarkan sebagai garis datar pada grafik suhu-waktu).

Terlihat bahwa selama perubahan fasa terjadi, temperaturnya konstan (diperlihatkan dengan grafik berupa garis lurus mendatar) seperti pada grafik Gambar 3.2.



Gambar 3.2 hubungan antara temperatur dengan waktu/jumlah kalor untuk air (Cholis dkk, 2008)

7. Aplikasi dalam Teknik Perminyakan

- Pemanasan fluida hidrokarbon (menurunkan viskositas)
- Separator (pengendalian suhu pemisahan)
- Distilasi fraksi minyak
- Sistem penukar panas (heat exchanger)
- Menentukan kebutuhan energi dan efisiensi produksi

PERTANYAAN

1. Apa itu jumlah kalor?
2. Sebutkan rumus umum untuk menghitung jumlah kalor!
3. Benda 2 kg dipanaskan dari 20°C ke 70°C . Kalor jenis $500 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$.
Hitung kalor yang diterima!
4. Berapa kalor untuk memanaskan 1 kg air dari 25°C ke 100°C ?
5. Apa itu kalor jenis?
6. Apa hubungan antara kalor, massa, dan suhu?
7. Kalor mencairkan 500 gram es (kalor lebur = 334 J/g)?
8. Apa itu kalor laten?
9. Perbedaan kalor jenis dan kalor laten?
10. Fungsi kalorimeter?
11. Dalam kalorimeter, logam panas dimasukkan ke air dingin. Siapa memberi kalor?
12. Kalor menguapkan 1,5 kg air (kalor uap = 2260 kJ/kg)?
13. Suhu zat selama perubahan fasa?
14. Kalor jenis zat A = 200, B = $400 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$. Mana lebih cepat panas?
15. Apa itu kapasitas panas?
16. Konversi 1 kalori ke Joule?
17. Benda butuh 1000 J untuk naik 5°C . Berapa kapasitas panasnya?
18. Air Sebanyak 2 kg bersuhu 40°C akan dipanaskan hingga suhu 70°C .
Jika diketahui kalor jenis air $4.186 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$, Berapakah kalor yang diserap oleh air tersebut?
19. Air Sebanyak 300 gram bersuhu 24°C akan dipanaskan dengan energi

- sebanyak 1500 kalori. Jika diketahui kalor jenis air $1\text{kal/g}^\circ\text{C}$, Berapakah suhu air tersebut setelah dipanaskan?
20. Berapakah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu sebuah logam perak yang massanya 8 kg dari 20°C hingga suhu 120°C . Jika diketahui kalor jenis perak $230\text{ J/kg}^\circ\text{C}$?
 21. Sebanyak 450 gram air dipanaskan dari suhu 45°C menjadi 65°C . Jika diketahui kalor jenis air $1\text{kal/g}^\circ\text{C}$ atau 4.200 J/Kg K , tentukanlah;
 - a). Banyaknya kalor yang diterima air dalam kalori
 - b). Banyaknya kalor terima air dalam Joule
 22. Kalor yang diperlukan oleh 2 kg zat untuk menaikkan suhunya dari 25°C sampai 60°C adalah 27,3 KJ. Berapakah kalor jenis zat tersebut?
 23. Air Sebanyak 500 g bersuhu 35°C , apabila air tersebut diberi kalor sebanyak 100 KKal. Berapakah suhu air tersebut sekarang?
 24. Sebuah logam seberat 2 Kg ber suhu 40°C . untuk menaikkan suhunya agar menjadi 90°C , dibutuhkan kalor sebesar 5×10^4 kal. berapakah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu logam tersebut menjadi 140°C ?
 25. Berapakah kalori yang diperlukan untuk memanaskan 4 liter air dari 45°C menjadi 75°C , jika massa jenis air 1 gram/cm^3 , dan kalor jenis air nya $1\text{ kal/g}^\circ\text{C}$?
 26. Air yang awalnya bersuhu 15°C dipanaskan sampai suhunya menjadi 40°C . jika kapasitas kalor air tersebut sebesar $12.558\text{ J/}^\circ\text{C}$, berapakah kalor yang diserap oleh air tersebut?

Lembar Kerja Pertemuan 4

PROSES PERAMBATAN KALOR (PANAS)

1. Pengantar Perambatan Kalor

Panas merupakan bentuk energi yang penting dalam kehidupan dan berbagai bidang teknologi, termasuk teknik perminyakan. Proses perambatan kalor terjadi melalui tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi. Masing-masing memiliki prinsip kerja dan aplikasi yang berbeda.

2. Konduksi (Hantaran Kalor)

Konduksi adalah proses perpindahan panas melalui zat padat tanpa perpindahan partikel. Laju perpindahan kalor bergantung pada konduktivitas bahan, luas penampang, beda suhu, dan panjang jalur konduksi. Contoh umum: panas pada sendok logam yang dicelupkan ke air panas.

$$\text{Rumus dasar: } Q/t = k \cdot A \cdot \Delta T / L$$

3. Konveksi (Aliran Kalor)

Konveksi melibatkan perpindahan panas bersama dengan gerakan fluida (cair atau gas). Konveksi dibedakan menjadi konveksi alami dan konveksi paksa. Laju perpindahan panas tergantung pada luas permukaan, koefisien konveksi, dan beda suhu.

$$\text{Rumus: } H = h \cdot A \cdot \Delta T$$

4. Radiasi (Pancaran Kalor)

Radiasi adalah perambatan panas melalui gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan medium. Semua benda pada suhu di atas 0 Kelvin

memancarkan energi radiasi.

$$\text{Rumus: } P = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \text{ (Hukum Stefan-Boltzmann)}$$

5. Aplikasi Proses Perambatan Kalor dalam Teknik Perminyakan

- a. Konduksi: Terjadi pada pipa, reaktor, dan heat exchanger. Panas dari fluida menghantarkan melalui dinding logam.
- b. Konveksi: Dominan dalam pemanasan fluida, sistem preheating minyak mentah, dan dalam reservoir bawah tanah.
- c. Radiasi: Digunakan dalam sistem pemanasan permukaan seperti burner dan tungku.
- d. Heat exchanger: Alat penting dalam kilang minyak yang memanfaatkan prinsip konduksi dan konveksi.
- e. Steam injection (EOR): Menggunakan uap panas untuk menurunkan viskositas minyak berat dengan mekanisme konduksi dan konveksi.

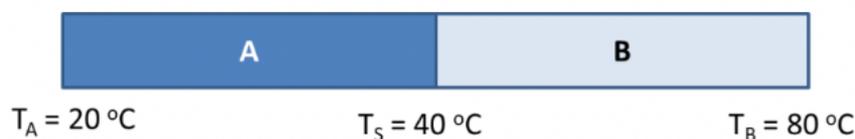
6. Kesimpulan

Pemahaman tentang mekanisme perambatan kalor sangat penting untuk desain sistem termal yang efisien, aman, dan berkelanjutan dalam industri perminyakan.

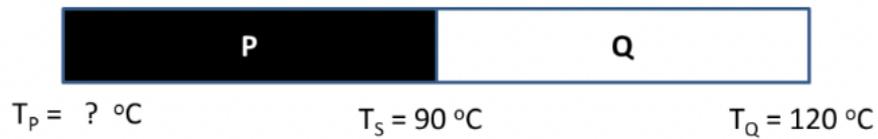
PERTANYAAN

1. Apa itu perambatan kalor?
2. Sebutkan tiga jenis proses perambatan kalor!
3. Bagaimana proses konduksi terjadi?
4. Contoh peristiwa konduksi?
5. Rumus laju konduksi kalor?
6. Apa itu konveksi?

7. Contoh konveksi alami?
8. Contoh konveksi paksa?
9. Rumus konveksi kalor?
10. Apa itu radiasi?
11. Contoh peristiwa radiasi?
12. Hukum pada radiasi?
13. Apa itu konduktivitas termal?
14. Mengapa logam penghantar panas baik?
15. Dua logam berbeda dipanaskan suhu sama. Apa yang terjadi?
16. Arah aliran kalor?
17. Mengapa warna hitam menyerap lebih banyak panas?
18. Hitung laju kalor konduksi pada pipa 1 m, $A = 0,01 \text{ m}^2$, $\Delta T = 100^\circ\text{C}$, $k = 200 \text{ W/m}^\circ\text{C}$!
19. Batang A dan B mempunyai luas penampang dan panjang yang sama. Bila koefisien konduktivitas batang A = 4 kali koefisien konduktivitas batang B, kemudian keduanya dipanaskan pada ujung yang sama sehingga perubahan suhu sama, maka perbandingan kecepatan hantaran kalor batang A dan batang B adalah ...



20. Dua buah jenis logam P dan Q dengan ukuran panjang dan luas penampang sama yang disambung satu sama lain. Konduktivitas termal logam P sama dengan tiga kali konduktivitas termal logam Q. Jika suhu di ujung logam Q 120°C dan suhu pada sambungan 90°C maka suhu pada ujung logam P sebesar adalah ...



21. Dua batang logam sejenis penampangnya berbanding 2 : 1 dan panjangnya berbanding 4 : 3. Bila beda suhu ujung-ujung kedua batang sama, maka tentukan perbandingan laju perpindahan kalor pada kedua logam tersebut!
22. Temperatur udara di dalam kamar dengan air conditioner (AC) adalah 20°C , sedangkan suhu permukaan jendela pada ruangan tersebut 30°C . Berapa laju kalor yang diterima oleh jendela kaca seluas $1,5 \text{ m}^2$, jika koefisien konveksi udara saat itu $7,5 \times 10^{-1} \text{ kal/s m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$?
23. Jika sebuah bola memiliki jari-jari 20 cm dan memiliki suhu $227 \text{ } ^\circ\text{C}$ kemudian bola tersebut diletakkan di sebuah ruangan yang suhunya $27 \text{ } ^\circ\text{C}$. Tentukan besar radiasi yang mungkin hilang tiap detiknya dari bola tersebut? (Asumsikan emisivitas bola tersebut adalah ...)
24. Tuliskan aplikasi dari proses perambatan kalor dalam dunia Teknik Perminyakan!

Lembar Kerja Pertemuan 5

TEORI GAS KINETIK

1. Pengantar Teori Kinetik Gas

Teori kinetik gas menjelaskan sifat makroskopik gas berdasarkan gerakan mikroskopik molekul gas. Gas terdiri dari molekul-molekul kecil yang bergerak acak dan cepat. Tekanan dan suhu gas timbul dari tumbukan molekul terhadap dinding wadah. Konsep ini digunakan untuk memahami berbagai fenomena dalam sistem tertutup dan terbuka, serta sangat penting dalam dunia teknik dan industri.

2. Asumsi Dasar Teori Kinetik Gas

- Gas terdiri dari molekul-molekul kecil
- Molekul bergerak acak
- Jumlah molekul sangat besar
- Volume molekul diabaikan terhadap volume gas
- Tidak ada gaya antar molekul kecuali saat tumbukan
- Tumbukan bersifat elastik sempurna

3. Persamaan-Persamaan Dasar

Energi kinetik translasi rata-rata: $\langle E_k \rangle = (3/2)kT$

Tekanan gas: $P = (2/3)(N/V)\langle E_k \rangle$

Gas ideal: $PV = nRT$

Dengan k = konstanta Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

Akar kecepatan kuadrat rata-rata: $V_{rms} = \sqrt{(3kT/m)}$

Energi dalam (U) gas ideal: $U = (3/2)nRT$ atau $U = (3/2)PV$

4. Aplikasi dalam Teknik Perminyakan

- Tekanan Gas dalam Reservoir:

Memahami tekanan dari tumbukan molekul gas pada pori batuan menggunakan $PV = nRT$.

- Sistem Injeksi Gas (EOR):

Digunakan untuk menghitung difusi dan kecepatan gas seperti CO_2 dalam meningkatkan produksi minyak.

- Pengangkutan dan Penyimpanan Gas:

Menghitung laju aliran gas, viskositas, dan desain kompresor dalam sistem perpipaan.

- Simulasi Termodinamika:

Dasar perhitungan sifat termodinamika gas dalam perangkat lunak seperti HYSYS.

- Keselamatan dan Kontrol Tekanan:

Digunakan dalam perancangan sistem kontrol tekanan darurat dan katup blowout.

5. Kesimpulan

Teori kinetik gas merupakan dasar ilmiah penting dalam teknik perminyakan. Memahami teori ini memungkinkan optimasi sistem produksi gas, peningkatan keselamatan, dan efisiensi energi.

PERTANYAAN

1. Apa yang dimaksud dengan teori kinetik gas?
2. Apa asumsi dasar dari teori kinetik gas?
3. Apa yang menyebabkan tekanan pada gas menurut teori kinetik?
4. Rumus energi kinetik rata-rata molekul gas?
5. Apa itu konstanta Boltzmann?
6. Rumus tekanan gas menurut teori kinetik?
7. Rumus energi dalam gas ideal?
8. Apa hubungan antara tekanan dan energi kinetik?
9. Rumus kecepatan akar rata-rata partikel gas?
10. Apa hubungan antara suhu mutlak dan kecepatan partikel?
11. Sebutkan tiga jenis kecepatan dalam teori kinetik gas!
12. Apa yang dimaksud dengan kecepatan paling mungkin?
13. Dalam teori kinetik gas, mengapa gas menyebar memenuhi seluruh wadah?
14. Gas ideal adalah gas yang memenuhi hukum apa?
15. Bagaimana suhu memengaruhi energi kinetik gas?
16. Apa itu gas ideal?
17. Apa yang terjadi jika suhu gas dinaikkan dalam wadah tertutup?
18. Apa efek dari peningkatan volume pada gas dengan suhu tetap?
19. Bagaimana hukum Avogadro berkaitan dengan teori kinetik gas?
20. Mengapa tekanan gas meningkat saat dipanaskan?
21. Gas ideal berada dalam wadah tertutup pada mulanya mempunyai tekanan P dan volume V . Apabila tekanan gas dinaikkan menjadi 4 kali

semula dan volume gas tetap maka perbandingan energi kinetik awal dan energi kinetik akhir gas adalah...

22. Tentukan energi kinetik translasi rata-rata molekul gas pada suhu 57°C !
23. Suatu gas bersuhu 27°C berada dalam suatu wadah tertutup. Agar energi kinetiknya meningkat menjadi 2 kali energi kinetik semula maka gas harus dipanaskan hingga mencapai suhu...
24. Suatu gas ideal berada di dalam ruang tertutup. Gas ideal tersebut dipanaskan hingga kecepatan rata-rata partikel gas meningkat menjadi 3 kali kecepatan awal. Jika suhu awal gas adalah 27°C , maka suhu akhir gas ideal tersebut adalah...
25. Tiga mol gas berada di dalam suatu ruang bervolume 36 liter. Masing-masing molekul gas mempunyai energi kinetik 5×10^{-21} Joule. Konstanta gas umum = $8,315 \text{ J/mol.K}$ dan konstanta Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$. Hitung tekanan gas dalam ruang tersebut!
26. Di dalam sebuah bejana tertutup, volume gas memuai menjadi 2 kali volume awal (V_0 = volume awal, P_0 = tekanan awal) dan suhu gas naik menjadi 4 kali semula. Besar tekanan gas menjadi...
27. Sejumlah gas ideal menjalani proses isotermik, sehingga tekanan menjadi 2 kali tekanan semula, maka volumenya menjadi...
28. Tuliskan aplikasi dari teori kinetik gas dalam dunia Teknik Perminyakan!

Lembar Kerja Pertemuan 6

THERMODYNAMIKA

1. Pengantar Termodinamika

Termodinamika berasal dari kata Yunani *therme* (panas) dan *dynamis* (energi). Ilmu ini mempelajari hubungan antara panas, kerja, dan energi dalam suatu sistem serta transformasinya. Aplikasinya sangat luas dalam teknik, termasuk teknik perminyakan, mesin, pendingin, dan reaksi kimia.

2. Hukum Termodinamika Pertama

Hukum kekekalan energi:

$$Q = \Delta U + W \quad \text{atau} \quad Q = \Delta U + W$$

dengan

$$W = P\Delta V$$

Panas yang diberikan pada sistem digunakan untuk menambah energi dalam dan melakukan usaha luar.

3. Prinsip Ekuipartisi Energi

- Energi kinetik translasi rata-rata molekul:

$$\langle EK \rangle = \frac{3}{2}kT$$

- Energi dalam gas:

$$U = \frac{f}{2}nRT$$

(f: derajat kebebasan)

4. Panas Jenis Gas

- Panas jenis pada volume tetap:

$$C_v = \frac{f}{2}R$$

- Panas jenis pada tekanan tetap:

$$C_p = C_v + R$$

- Perbandingan panas jenis:

$$\gamma = C_p / C_v = f + 2 / f$$

Contoh:

- Gas monoatomik: $\gamma = 1,67$
- Gas diatomik: $\gamma = 1,4$
- Gas triatomik: $\gamma = 1,33$

5. Proses-Proses Termodinamika

- Isotermis (T konstan): $Q = W$
- Isobaris (P konstan): $Q = \Delta U + P\Delta V$
- Isokhoris (V konstan): $Q = \Delta U$
- Adiabatis ($Q = 0$): $\Delta U = -W$
- Isentropis: adiabatik reversibel
- Polytropis: panas jenis konstan

6. Mesin Kalor dan Efisiensi

- Mesin bekerja dalam siklus tertutup:

$$Q_{net} = W$$

- Efisiensi mesin:

$$\eta = (Q_1 - Q_2) / Q_1$$

- Mesin Carnot:

$$\eta = 1 - T_2 / T_1$$

7. Entropi dan Hukum II Termodinamika

- Entropi:

$$\Delta S = Q / T$$

- Proses terjadi jika:
 - $\Delta S > 0 \rightarrow$ irreversible
 - $\Delta S = 0 \rightarrow$ reversible
 - $\Delta S < 0 \rightarrow$ tidak mungkin terjadi

8. Hukum Termodinamika III

Tidak mungkin mencapai suhu nol mutlak (0 K) melalui proses berhingga.

Efisiensi maksimum hanya terjadi jika $T_2=0$, yang tidak mungkin.

9. Aplikasi dalam Teknik Perminyakan

- Prediksi pergerakan fluida dalam reservoir (PVT).
- Perancangan sistem pompa, pemanas, dan pendingin.
- Analisis efisiensi alat produksi dan pemrosesan.
- Proses distilasi, pemisahan fraksi minyak, dan pengolahan gas.
- Optimalisasi energi dan efisiensi termal di kilang.

PERTANYAAN

1. Apa yang dimaksud dengan termodinamika?
2. Sebutkan hukum pertama termodinamika!
3. Jika 500 J kalor diberikan dan sistem melakukan usaha 200 J, berapa ΔU ?
4. Apa itu energi dalam (internal energy)?
5. Apa yang dimaksud dengan proses isotermis?
6. Bagaimana hubungan Q, W, dan ΔU dalam isotermis?
7. Kalor 300 J diberikan dalam proses isokhoris. Berapa usaha?
8. Sebutkan rumus efisiensi mesin kalor!
9. Jika mesin menerima 1000 J dan membuang 400 J, hitung efisiensi!
10. Apa itu entropi?

11. Rumus entropi reversibel?
12. Apa proses adiabatik?
13. Apa isi hukum kedua termodinamika?
14. Apa itu mesin Carnot?
15. Rumus efisiensi mesin Carnot?
16. $T_1 = 500 \text{ K}$ dan $T_2 = 300 \text{ K}$. Hitung efisiensi!
17. Apa beda C_p dan C_v ?
18. Apa itu γ (gamma)?
19. Sebutkan 4 proses termodinamika dasar!
20. Apa hukum ketiga termodinamika?
21. Volume awal dari suatu gas adalah 3 m^3 akan dipanaskan secara isobarik agar volume nya berubah menjadi 6 m^3 . Jika diketahui tekanan gas adalah 2 atm , berapakah usaha luar gas tersebut!
($1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$)
22. Mesin Carnot bekerja pada suhu tinggi 600 K , untuk menghasilkan kerja mekanik. Jika mesin menyerap kalor 600 J dengan suhu rendah 400 K , maka usaha yang dihasilkan adalah....
23. Suatu gas helium dengan volume $3,1 \text{ m}^3$ bersuhu 37°C dipanaskan dengan kondisi isobaris hingga volumenya berubah menjadi 77°C . Jika diketahui tekanan gas helium $2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, tentukan usaha luar gas tersebut!
24. Terdapat sebuah gas yang ada di dalam ruangan tertutup serta mengalami proses pemuaihan yang menyerap kalor dengan besaran 350 J juga melakukan usaha dengan besaran 250 J . Maka, berapakah kenaikan energi pada gas?
25. Terdapat sebuah gas yang ada dalam sistem diberi kalor dengan besaran 200 J . Setelahnya, gas tersebut diberi usaha dengan besaran 125 J . Maka, berapakah perubahan energi yang terjadi di dalam gas tersebut?

26. Terdapat sebuah mesin pendingin yang mampu menyerap kalor sebesar 1000 J dari sebuah ruangan dan kemudian membuang kalornya sebesar 750 ke lingkungan sekitar. Berdasarkan hal tersebut, maka berapakah usaha yang dilakukan oleh mesin tersebut?
27. Sebuah mesin pendingin yang ada di rumah Pak Parto dapat menyerap kalor dengan besaran 1000 J dari satu ruangan dan kemudian membuang kalornya ke luar ruangan sebesar 750 J. Maka, berapakah efisiensi dari mesin pendingin milik Pak Parto tersebut?
28. Terdapat sebuah gas yang mengalami proses isometrik yang awalnya dari volume 5 m^3 menjadi 10 m^3 . Apabila tekanan gas tersebut saat proses awalnya yaitu 100 Pa, maka berapa besaran tekanan gas di akhir proses?
29. Terdapat sebuah gas yang mengalami proses adiabatik yang awalnya dari volume 5 m^3 kemudian ke volume 10 m^3 . Apabila gas tersebut memiliki suhu di awal proses sebesar 300 K, maka pada akhir proses berapakah besaran suhu gas?
30. Tuliskan aplikasi termodinamika dalam dunia Teknik Perminyakan!

Lembar Kerja Pertemuan 7

TEKANAN HYDROSTATIKA

1. Definisi Tekanan

Tekanan adalah gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu permukaan dibagi dengan luas permukaan tersebut.

Rumus: $P = F / A$, dengan satuan N/m^2 (Pascal), $dyne/cm^2$, atm, atau bar.

2. Tekanan dalam Zat Cair

Tekanan dalam zat cair bergantung pada kerapatan (ρ), percepatan gravitasi (g), dan kedalaman (h)

Rumus: $P = \rho \cdot g \cdot h$

3. Hukum Pascal

Tekanan yang diberikan pada suatu fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama.

$P_1 = P_2 \rightarrow F_2 = (A_2/A_1) \cdot F_1$

4. Hukum Stokes

Jika benda bergerak dalam fluida, maka akan mengalami gaya gesek

$F_s = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$

Dimana η = viskositas, r = jari-jari benda, v = kecepatan.

5. Tegangan Permukaan

Gaya yang bekerja pada permukaan zat cair menyebabkan peristiwa seperti nyamuk berjalan di atas air dan kapilaritas.

6. Hukum Archimedes

Suatu benda yang dicelupkan dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas sebesar berat zat cair yang dipindahkan.

$$F_a = \rho \cdot g \cdot V$$

7. Fluida Bergerak

Fluida dapat berupa cairan atau gas dan memiliki bentuk serta volume berubah. Fluida mengalir sesuai hukum-hukum tertentu.

Hukum Kontinuitas:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

8. Hukum Bernoulli

Menjelaskan hubungan antara tekanan, kecepatan aliran, dan ketinggian:

$$P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{konstan}$$

9. Aplikasi Tekanan Hidrostatika dalam Teknik Perminyakan

Dalam teknik perminyakan, tekanan hidrostatik penting dalam pemboran sumur, pengendalian blowout, dan perancangan pompa & sistem produksi. Tekanan lumpur bor harus cukup untuk menyeimbangkan tekanan formasi. Ini juga penting dalam analisis tekanan reservoir, pemilihan peralatan produksi, dan optimalisasi sistem produksi minyak dan gas.

PERTANYAAN

1. Apa yang dimaksud dengan tekanan hidrostatik?
2. Rumus tekanan hidrostatik?
3. Apa arti dari setiap variabel pada rumus $P = \rho \cdot g \cdot h$?
4. Jika $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, dan $h = 5 \text{ m}$, berapa tekanannya?
5. Satuan tekanan dalam SI?
6. Mengapa tekanan bertambah seiring kedalaman?
7. Apakah tekanan hidrostatik tergantung pada bentuk wadah?

8. Sebuah bejana diisi air setinggi 10 m. Hitung tekanannya!
9. Bagaimana tekanan hidrostatis berubah jika menggunakan raksa ($\rho = 13.600 \text{ kg/m}^3$)?
10. Apa itu manometer?
11. Apa yang menyebabkan telinga berdengung saat menyelam?
12. Mengapa kapal selam harus diperkuat strukturnya?
13. Apa hubungan antara tekanan dan gaya pada permukaan?
14. Sebuah permukaan seluas $0,5 \text{ m}^2$ dikenai tekanan 100.000 Pa . Hitung gaya yang bekerja!
15. Mengapa dasar bendungan dibuat lebih tebal?
16. Bagaimana tekanan hidrostatis memengaruhi pengukuran kedalaman laut?
17. Jika massa jenis air laut adalah 1025 kg/m^3 , berapa tekanan pada kedalaman 20 m ?
18. Apakah tekanan hidrostatis berlaku di udara?
19. Apa perbedaan tekanan hidrostatis dan tekanan atmosfer?
20. Apa fungsi prinsip tekanan hidrostatis dalam teknik perminyakan?
21. Dalam sebuah dasar kolam air, terdeteksi oleh alat pengukur tekanan hidrostatis menunjukkan angka 50.000 pascal . Maka hitunglah kedalaman kolam air tersebut?
22. Seorang penyelam menyelam dengan kedalaman 3 m , massa jenis air 1.000 kg/m^3 , dan konstanta gravitasi pada tempat tersebut adalah 10 n/kg . Besar tekanan hidrostatisnya adalah n/m^2 .
23. Seekor kura-kura sedang berenang di akuarium. Kura-kura tersebut sedang berada pada posisi 50 cm dari permukaan akuarium. Maka berapakah jumlah tekanan hidrostatis yang diterima oleh kura-kura tersebut? Apabila massa jenis air= 1000 kg/m^3 dan dengan percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2)

24. Seorang peneliti sedang menyelam dengan kedalaman 3 m, massa jenis air 1.000 kg/m^3 , konstanta gravitasi di tempat tersebut yaitu 10 N/kg . Maka besar tekanan hidrostatisnya yaitu N/m^2 .
25. Pada sebuah botol apabila diisi dengan menggunakan air hingga dengan ketinggian 50 cm pada dasar botol. Apabila botol dilubangi 10 cm dari dasarnya, maka tentukanlah tekanan hidrostatis pada lubang apabila percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 dan massa jenis air 1000 kg/m^3 !
26. Seekor ikan sedang berenang di akuarium. Ikan tersebut berada 50 cm dari permukaan akuarium. Berapakah tekanan hidrostatis yang diterima ikan apabila diketahui massa jenis airnya 1.000 kg/m^3 dengan percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 ?
27. Sebuah bejana berhubungan diisi dengan air dan minyak. Apabila massa jenis air mempunyai 1 g/cm^3 sedangkan massa minyak $0,8 \text{ g/cm}^3$. Apabila tinggi permukaan air dari batas minyak 10 cm, maka hitunglah tinggi permukaan minyak tersebut...
28. Tekanan hidrostatis terhadap A sebesar 8.000 N/m^2 dan tekanan hidrostatis terhadap B sebesar 6.400 N/m^2 . Jika massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan percepatan gravitasi 10 m/s^2 , selisih kedalaman A dan B adalah ...
29. Dari dalam dasar kolam air terdeteksi menggunakan alat pengukur tekanan hidrostatis menunjukkan angka 50.000 pascal. Maka berapakah kedalaman dari kolam air tersebut?
30. Tuliskan aplikasi tekanan hydrostatika dalam dunia Teknik Perminyakan!

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2017). Fisika Dasar 2, Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Thermodynamics: An Engineering Approach (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Cholis, B., & Yuniarti, H. (2008). Fisika Gel. Bunyi dan Optik, Universitas Trisakti.
- Daryanto. (2010). Fisika untuk Perguruan Tinggi Teknik: Mekanika, Termodinamika, Gelombang, dan Optik. Bandung: Yrama Widya.
- Giancoli, D. C. (2005). Physics: Principles with Applications (6th ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). Fundamentals of Physics (10th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., & Young, H. D. (1982). University Physics (6th ed.). Addison-Wesley.
- Sutrisno. (2009). Fisika Dasar 2: Suhu dan Kalor, Listrik, Optika, dan Fisika Modern. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yuberti. (2014). Konsep Materi Fisika Dasar 2, Anugrah Utama Raharja.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). Physics for Scientists and Engineers (6th ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2012). University Physics with Modern Physics (13th ed.). Boston: Addison-Wesley.