



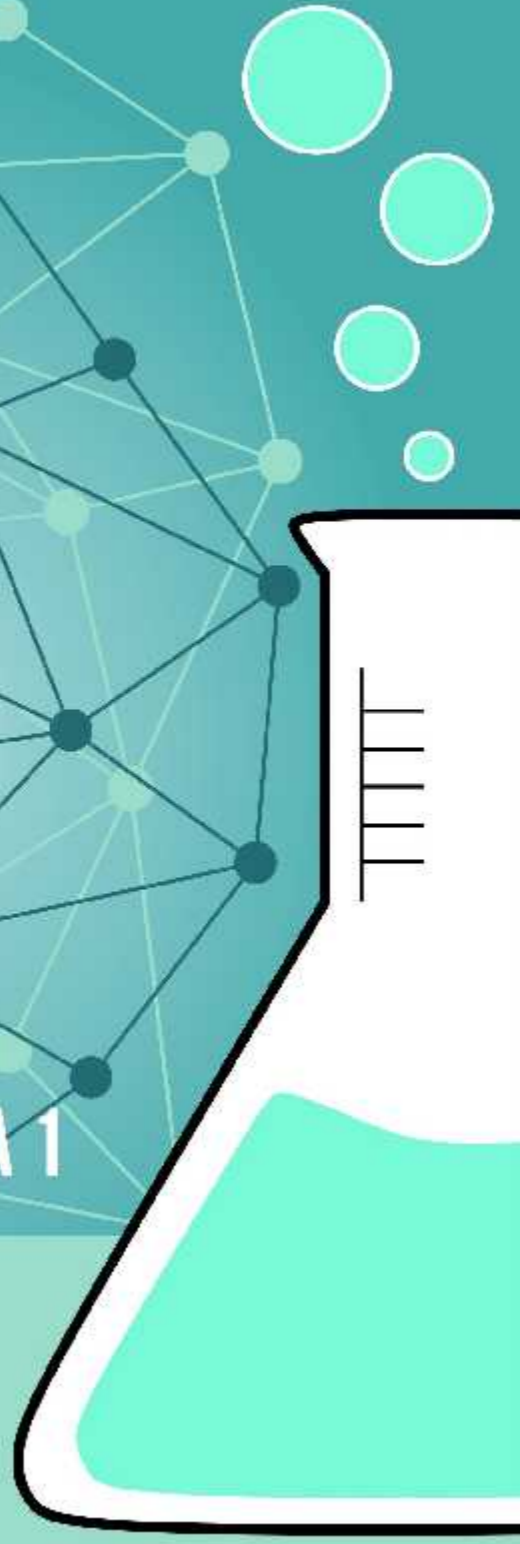
UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

Arif Hidayat

DASAR-DASAR PRAKTIKUM PENGANTAR TEKNIK KIMIA 1

DASAR-DASAR PRAKTIKUM PENGANTAR TEKNIK KIMIA 1

Arif Hidayat



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Dasar-dasar Praktikum
Pengantar Teknik Kimia 1

Buku Ajar

Penulis:
Arif Hidayat

Penerbit



**UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA**

KATALOG DALAM TERBITAN (KDT)

Hidayat, Arif

Dasar-dasar Praktikum Pengantar
Pengantar Teknik Kimia I / Arif
Hidayat; --.Yogyakarta:
Universitas Islam Indonesia, 2017.
--.148 hlm. ; 14,5 x 21 cm

ISBN 978-602-450-071-9
e-ISBN 978-602-450-072-6

© 2017 Arif Hidayat

Hak cipta dilindungi Undang-undang.
Dilarang memperbanyak atau
memindahkan sebagian atau
seluruh isi buku ini dalam bentuk
apapun, baik secara elektronik ataupun
mekanik termasuk memfotokopi, tanpa
izin tertulis dari Penulis.

Dasar-dasar Praktikum Pengantar Teknik Kimia I

Penulis : Arif Hidayat

Terbitan:

Juni 2017 M / Ramadhan 1438 H

Cetakan ke-1

Penerbit:



**UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA**

Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km 14,5,
Yogyakarta 55584, INDONESIA
Tel. (0274) 896 447 Ext. 1301; Fax. (0274) 896 445
<http://www.uii.ac.id>; e-mail: perpustakaan@uui.ac.id

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas selesainya buku ajar yang berjudul "Dasar-dasar Praktikum Pengantar Teknik Kimia 1". Penulisan buku ajar ini dimaksudkan untuk memberikan pedoman dalam pelaksanaan Praktikum Pengantar Teknik Kimia 1. Praktikum Pengantar Teknik Kimia 1 merupakan matakuliah wajib Semester 3 yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri (FTI) Universitas Islam Indonesia (UII). Selama pembuatan buku ajar ini kami mendapatkan banyak dukungan dan juga bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu kami haturkan terima kasih kepada: Rektor Universitas Islam Indonesia (UII), Kepala Badan Perencana UII, Kepala Badan Pengembangan Akademik UII, Dekan FTI UII; Ketua Program Studi Teknik Kimia FTI UII, dan pihak-pihak lain yang membantu kelancaran penyusunan buku ajar ini.

Penulis menyadari bahwa buku ajar ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari para pembaca sangat dibutuhkan untuk penyempurnaan buku ajar ini kedepannya.

Terima kasih.

Yogyakarta, 2 Maret 2017

Penulis

Arif Hidayat

Daftar Isi

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar	ix
1 Bahan-bahan Kimia di Laboratorium	1
1.1 Jenis Bahan Kimia Berbahaya	1
1.2 Bahaya Bahan Kimia	7
1.3 Beberapa Bahan Kimia Berbahaya di Laboratorium.....	8
1.4 Penanganan Bahan-Bahan Kimia Berbahaya.....	16
1.5 Pengelolaan Bahan Kimia Ramah Lingkungan untuk Laboratorium	23
1.6 Soal.....	28
2 Identifikasi Zat Warna dengan Metode Kromatografi	92
2.1 Dasar Teori	29
2.1.1 Definisi Kromatografi	29
2.1.2 Perkembangan Kromatografi.....	30
2.1.3 Prinsip Kromatografi	32
2.1.4 Jenis Kromatografi	32
2.1.5 Aplikasi Kromatografi.....	39
2.2 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)	41
2.3 Alat dan Bahan	44

2.4 Cara Kerja	45
2.4.1 Pembuatan fasa bergerak.	45
2.4.2 Pembuatan cuplikan.	45
2.4.3 Pelaksanaan percobaan	45
2.5 Pengolahan Data.....	46
2.6 Soal.....	46
3 Analisa Spektrofotometer	74
3.1 Dasar Teori	47
3.1.1 Jenis-jenis Spektrofotometer	48
3.1.2 Prinsip Kerja Spektrofotometer	52
3.2 Alat dan Bahan.....	60
3.3 Cara Kerja	60
3.3.1 Membuat grafik standar	60
3.3.2 Menentukan konsentrasi larutan berwarna.....	61
3.4 Pengolahan Data.....	61
3.5 Soal.....	63
4 Analisa Minyak Bahan Industri	56
4.1 Dasar Teori	65
4.1.1 Komposisi Kimia Minyak Atsiri.....	68
4.1.2 Tanaman Sumber Minyak Atsiri dan Kegunaannya	69
4.1.3 Metode Pengambilan Minyak Atsiri	72
4.1.4 Ekstraksi	74
4.1.5 Jenis-Jenis Ekstraksi	76
4.2 Alat dan Bahan.....	83
4.3 Cara Kerja	85

4.3.1 Distilasi kukus	85
4.3.2 Ekstraksi soxhlet.....	85
4.4 Pengolahan Data.....	86
4.5 Soal.....	86
5 Penentuan Kadar Protein	78
5.1 Dasar Teori	87
5.2 Analisis Protein dalam Bahan dengan Metode Kjeldahl	90
5.3 Alat dan Bahan.....	94
5.4 Cara Kerja	95
5.5 Pengolahan Data.....	96
5.6 Soal.....	96
6 Penentuan Rapat Massa dan Viskositas	79
6.1 Dasar Teori	97
6.1.1 Rapat Massa.....	97
6.1.2 Viskositas	102
6.2 Cara-Cara Penentuan Viskositas.....	107
6.2.1 Cara Ostwald	107
6.2.2 Cara Hoppler	108
6.4 Cara Kerja	111
6.5 Pengolahan Data.....	113
6.6 Soal.....	114
7 Tegangan muka	115
7.1 Dasar Teori.....	115
7.1.1 Fluida dan Jenisnya.....	115

7.1.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida	116
7.1.3 Tegangan Permukaan	118
7.1.4 Definisi Tegangan Permukaan	122
7.1.5 Alat dan Bahan	126
7.2 Cara Kerja.....	126
7.3 Pengolahan Data	129
7.4 Soal	130
Referensi	131
Glosari	132
Indeks	135

1 Bahan-bahan Kimia di Laboratorium

Capaian Pembelajaran

Meningkatkan pengetahuan guna mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan atau gangguan kesehatan dan pencemaran lingkungan akibat pemakaian bahan-bahan kimia di laboratorium.

1.1 Jenis Bahan Kimia Berbahaya

Dari berbagai macam bahan kimia masing-masing ada yang berbahaya dan ada pula yang tidak berbahaya. Setiap bahan kimia mempunyai kegunaan masing-masing. Berdasarkan hal tersebut maka bahan-bahan kimia berbahaya dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- ***Explosive atau mudah meledak***

Bahan kimia *explosive* adalah jenis bahan kimia yang mempunyai wujud padat, cair atau gas bahkan campuran apabila terjadi reaksi kimia dapat menghasilkan gas dalam jumlah yang besar dengan tekanan dan suhu yang tinggi. Hal tersebut akan menimbulkan kerusakan **disekelilingnya** disebabkan adanya ledakan.

Bahan kimia *explosive* sangat peka terhadap panas dan pengaruh mekanis (gesekan atau tumbukan). Beberapa jenis bahan kimi *explosive* ada yang dibuat sengaja untuk tujuan peledakan atau bahan peledak. Misalnya untuk kepentingan penambangan atau merobohkan suatu bangunan. Beberapa contoh bahan kimia *explosive* antara lain: Kalium Klorat, Trinitrotoluen(TNT), Natrium Nitrat (NaNO_3), Ammonium Nitrat (NH_4NO_3), Nitrogliserin ($\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$), gas bertekanan tinggi, campuran Belerang, Karbon dan Kalium Klorat (KClO_3).

- ***Flammable atau mudah terbakar***

Bahan kimia *flammable* adalah suatu jenis bahan kimia yang sangat mudah bereaksi dengan oksigen (O_2). Reaksi yang terjadi akan memicu terjadinya oksidasi dan apabila tidak dikendalikan akan dapat menimbulkan kebakaran. Reaksi kebakaran yang amat cepat akan dapat menimbulkan ledakan. Bahan kimia *flammable* mudah menguap dan uap yang terbentuk mudah terbakar. Oleh karena itu, jika wadah bahan-bahan dibiarkan terbuka, maka dapat menimbulkan bahaya kebakaran. Uap bahan kimia tersebut tidak kelihatan dan mudah menyebar ke seluruh ruangan, tetapi sebagian besar berada di permukaan lantai karena lebih berat daripada berat udara biasa. Contoh bahan kimia *flammable* adalah Metanol, Eter, Aseton, Heksana, Benzena.

- ***Oxidazing Agent atau bahan oksidator***

Bahan kimia oksidator merupakan jenis bahan kimia yang dapat menyebabkan kebakaran meskipun tidak

ada keberadaan oksigen dari udara. Bahan kimia jenis ini mempunyai kemampuan untuk menghasilkan oksigen. Oksigen yang dihasilkan akan memicu terjadinya kebakaran. Bahan yang tidak mudah terbakar dapat digolongkan menjadi bahan oksidator karena mempunyai kemampuan untuk menghasilkan oksigen. Adanya oksigen tersebut karena terjadi reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Bahan kimia oksidator akan mengalami reduksi sehingga akan menyebabkan zat lain mengalami oksidasi. Contoh bahan kimia oksidator yaitu Natrium **nitrit/Nitrat**, Kalium **klorat**, Kalium Nitrat (KNO_3), Hidrogen Peroksida (H_2O_2), Fluorin (F_2), **klorin** (Cl_2), Asam Nitrat (HNO_3), Asam Sulfat (H_2SO_4), Asam **peroksidisulfat** ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$), Asam **peroksimonosulfat** (H_2SO_5).

- ***Bahan kimia yang mudah terbakar karena bersentuhan dengan air***

Jenis bahan kimia ini sangat mudah bereaksi dengan air. Reaksi yang terjadi akan menghasilkan panas yang disertai dengan terbentuknya gas yang mudah terbakar. Bahan kimia yang termasuk dalam golongan ini contohnya adalah logam Natrium (Na), Kalium (**K**) dan Asam Sulfat pekat (H_2SO_4)

- ***Bahan mudah terbakar disebabkan kontak dengan larutan asam***

Apabila bahan kimia ini berkontak dengan larutan asam akan mudah bereaksi dan menghasilkan panas. Selain itu akan terbentuk juga gas yang mudah terbakar, gas-gas yang **beracun** dan atau korosif. Jenis bahan kimia ini adalah logam paduan Na dan K, senyawa hidrida dan **sebagainya**.

- **Gas bertekanan tinggi**

Gas disimpan pada tekanan tinggi agar bisa diperoleh volume gas yang besar. Pada kondisi ini gas harus dinaikkan tekanannya atau bisa juga dilarutkan dalam pelarut **dibawah** tekanan. Gas bertekanan disimpan dalam tabung silinder. Beberapa jenis gas yang disimpan pada tekanan **tinggi** antara lain: Hidrogen (H), Argon (Ar), Nitrogen (N₂) dan Oksigen (O₂).

- **Bahan-bahan beracun atau toxic**

Bahan-bahan beracun adalah bahan kimia yang dapat menimbulkan bahaya terhadap kesehatan manusia jika masuk ke dalam tubuh karena tertelan atau terhirup. Bahan-bahan ini dapat masuk ke tubuh melalui alat pernafasan (hidung atau mulut) dan terjadi kontak lewat kulit. Bahan-bahan beracun tersebut akan beredar ke seluruh bagian tubuh atau menuju jaringan organ-organ tubuh tertentu yang rentan. Bahan-bahan beracun dapat menimbulkan pengaruh yang seketika, diantaranya adalah jantung, syaraf, hati, paru-paru, dan lain-lain. Dalam jangka panjang bahan-bahan beracun yang tetap dalam tubuh tersebut dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh antara lain tulang, darah, hati, atau limpa. Adanya akumulasi bahan beracun di dalam jaringan menghasilkan efek kesehatan pada jangka panjang antara lain: gagal ginjal, gangguan hati atau kerusakan jaringan syaraf. Untuk bahan-bahan beracun yang tidak terakumulasi dapat keluar dari dalam tubuh melewati urine, saluran pencernaan, atau keringat. Contoh berbagai bahan-bahan beracun antara lain gas **karbon dioksida** (CO₂), **klorin**

(Cl₂), benzena (C₆H₆), kloroform (CHCl₃), formalin (CH₂O), sianida (CN) dan sebagainya.

- **Bahan korosif**

Korosif adalah sifat bahan yang dapat menyebabkan materi lain hancur atau menimbulkan dampak negatif. Kontak yang terjadi dengan bahan korosif menyebabkan kerusakan pada mata, kulit, sistem pernapasan, dan jaringan tubuh

Dampak negatif pada tubuh yang bisa terjadi antara lain luka, peradangan, iritasi, gatal-gatal dan membuat jaringan menjadi amat peka terhadap bahan kimia (sinsitisasi). Contoh dari bahan kimia korosif antara lain: Asam Asetat glasial (CH₃COOH), Asam Fluorida (HF), Asam Sulfat pekat (H₂SO₄), Asam Klorida (HCl), Fenol (C₆H₅OH) dan sebagainya.



Gambar 1.1. Label atau simbol bahan kimia berbahaya dan beracun.

1.2 Bahaya Bahan Kimia

Penggunaan bahan kimia di dalam laboratorium harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan prosedur. Bahan-bahan kimia yang digunakan di laboratorium tersebut dapat masuk dan terhirup ke dalam tubuh. Pemakaian bahan-bahan tersebut harus sesuai prosedur karena menimbulkan bahaya karena berpotensi untuk meracuni tubuh sehingga akan menimbulkan masalah kesehatan. Pengetahuan tentang bahaya yang ditimbulkan karena penggunaan bahan kimia perlu dimiliki. Hal ini dimaksudkan untuk menghindarkan akibat buruk bagi kesehatan apabila bahan kimia memasuki tubuh. Berbagai akibat yang dapat ditimbulkan karena penggunaan bahan kimia yang kurang hati-hati dan tidak sesuai prosedur antara lain:

- ***Keracunan***

Keracunan bahan kimia dapat terjadi terutama akibat bahan kimia masuk ke dalam jaringan tubuh **diantaranya** melalui paru-paru, **mulut** dan kulit. Keracunan akibat masuknya bahan kimia ke dalam tubuh dapat menimbulkan kejadian yang fatal antara lain: hilangnya kesadaran atau gangguan kesehatan. Akibat yang ditimbulkan dari keracunan bahan kimia dapat dirasakan dalam jangka panjang. Masalah kesehatan yang timbul pada jangka panjang antara lain: penyakit hati (sirosis), kanker, dan gagal ginjal. Masalah tersebut timbul akibat akumulasi penyerapan bahan kimia yang beracun dan berbahaya ke dalam tubuh dengan jumlah kecil tetapi terus-menerus atau terjadi akumulasi.

- ***Iritasi***

Iritasi dapat terjadi apabila tubuh berkontak dengan bahan kimia, terutama bahan kimia yang korosif. Beberapa akibat serius yang dapat ditimbulkan karena iritasi antara lain: peradangan pada kulit, **mata** dan saluran pernapasan.

- ***Kebakaran atau luka bakar***

Bahan kimia yang mudah terbakar dapat menimbulkan bahaya kebakaran. Kebakaran dapat terjadi apabila suatu **rekasi** kimia antara bahan dengan oksigen yang menghasilkan energi berupa panas dan cahaya (api). Panas akan merambat ke sekelilingnya yang selanjutnya akan mempercepat pula kebakaran. Kebakaran dan luka bakar dapat juga terjadi akibat kurang hati-hati dalam menangani pelarut-pelarut organik yang mudah terbakar seperti Eter, Aseton, Alkohol, dan sebagainya. Hal yang sama dapat diakibatkan oleh peledakan bahan-bahan reaktif seperti Peroksida dan **perklorat**. Kebakaran yang ditimbulkan selain akan merusak sarana dan pra sarana laboratorium dapat juga menimbulkan kematian.

1.3 Beberapa Bahan Kimia Berbahaya di Laboratorium

Penggunaan bahan kimia merupakan hal penting bagi laboratorium. Sifat dari bahan-bahan kimia seperti mudah meledak, toksik, korosif, mudah **terbakar** dan merusak **lingkungan**, dapat menimbulkan kecelakaan atau gangguan kesehatan. Hal ini

menuntut semua pihak yang bekerja di dalam laboratorium untuk dapat mengelola penggunaan dan penyimpanan bahan kimia secara baik sesuai dengan karakteristiknya.

Untuk dapat menghindari dan meminimalisir bahaya yang ditimbulkan dari penggunaan bahan-bahan kimia tersebut, diperlukan pengetahuan tentang sifat dan karakteristik bahan-bahan kimia yang perlu mendapatkan perhatian khusus. Beberapa jenis bahan kimia yang harus diperhatikan karena berbahaya dan berpotensi menimbulkan masalah kesehatan yang serius di antaranya adalah:

- ***Asam Klorida (HCl)***

Asam klorida biasanya berada dalam wujud cair. Cairan ini tidak berwarna atau berwarna kekuningan tergantung pada tingkat kemurniannya. Asam klorida mempunyai sifat korosif dan mudah menguap. Asam klorida mudah larut pada berbagai jenis pelarut, antara lain: air, alkohol maupun eter. Uap asam klorida sangat berbahaya dan berdampak sangat buruk terhadap sistem saluran pernapasan. Asam klorida pekat apabila mengenai kulit menimbulkan akibat yang fatal dengan tingkat kerusakan yang sempurna. Sedangkan larutannya dapat menyebabkan gatal-gatal atau iritasi pada kulit.

- ***Asam Sulfat (H₂SO₄)***

Senyawa ini dalam kondisi kamar berwujud cairan yang tidak berwarna. Seperti halnya jenis asam kuat yang lain, Asam Sulfat dalam bentuk larutan berwarna coklat tergantung pada tingkat kemurniannya. Senyawa ini merupakan salah

satu jenis bahan kimia yang sangat korosif, mempunyai kemampuan menyerap molekul air yang baik (higroskopis), dan bersifat membakar bahan organik. Asam Sulfat yang terkena langsung ke tubuh dapat merusak jaringan. Untuk menggunakan larutan Asam Sulfat harus memakai almari asam atau *fume hood*. Almari asam merupakan almari yang dilengkapi dengan peralatan ventilasi untuk mengurangi dampak dari paparan uap dari bahan kimia yang berbahaya. Almari asam dilengkapi dengan kipas penghisap yang dihubungkan dengan saluran pembuangan ke luar ruangan. Uap Asam Sulfat yang ditimbulkan sangat beracun dan korosif. Apabila terkena kulit, mata dan sistem saluran pernapasan (hidung tenggorokan, paru-paru) berakibat yang sangat buruk dan fatal. Asam Sulfat pekat yang mengenai kulit secara langsung menyebabkan luka parah dan merusak jaringan. Sedangkan jika terkena mata walaupun sedikit akan merusak organ dalam mata bahkan dapat menyebabkan kebutaan.

- **Perak Nitrat ($AgNO_3$)**

Perak Nitrat merupakan jenis senyawa anorganik yang tergolong dalam bahan kimia yang beracun dan berbahaya. Perak Nitrat merupakan kristal putih dan tidak berbau. Padatan ini mudah larut dalam air dan bersifat korosif. Perak Nitrat harus disimpan dalam botol berwarna dan ruang yang gelap. Bahan kimia ini perlu dijauhkan dari bahan-bahan yang mudah terbakar. Apabila berkontak dengan bahan kimia ini akan menyebabkan luka bakar dan kulit melepuh. Uap perak Nitrat juga menimbulkan akibat yang serius jika terpapar ke kulit tubuh.

- ***Hidrogen Sulfida (H_2S)***

Hidrogen Sulfida adalah gas yang tidak berwarna, beracun, mudah terbakar dan berbau seperti telur busuk. Senyawa lebih berat dari udara sehingga cenderung berkumpul dan diam pada tempat yang rendah. Hidrogen Sulfida dapat dengan mudah terbakar dengan nyala api berwarna biru. Hasil pembakarannya berupa gas Sulfur dioksida (SO_2) merupakan gas beracun. Senyawa ini sangat korosif sehingga mengakibatkan berkarat pada logam tertentu. Apabila menghirup senyawa ini dapat menyebabkan pingsan, gangguan pernafasan, bahkan dapat mengakibatkan kematian.

- ***Natrium atau Sodium Hidroksida (NaOH)***

Natrium Hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau Sodium Hidroksida adalah salah satu jenis basa kuat. Senyawa ini terbentuk dari oksida basa Natrium oksida yang dilarutkan dalam air. Natrium Hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air.

Natrium Hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh. Senyawa ini bersifat higroskopis dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Senyawa ini sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis. Di samping itu NaOH juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan jenis basa

yang lain. Larutan Natrium Hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.

Apabila senyawa ini terhirup maka akan menyebabkan iritasi berat, bersin, radang tenggorokan, bahkan pneumonia. Jika tertelan akan mengakibatkan luka bakar serius pada mulut, tenggorokan dan perut sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan, pendarahan, mual, diare, tekanan darah rendah bahkan kematian. Senyawa Natrium Hidroksida berkontak dengan mata akan menyebabkan iritasi dan luka bakar yang dapat berakibat pada kerusakan penglihatan secara permanen, bahkan pada kebutaan

- ***Kalium atau Potassium Hidroksida (KOH)***

Kalium Hidroksida termasuk golongan senyawa basa kuat. Senyawa ini berwarna putih dan mudah menyerap air dari udara, selain itu Kalium Hidroksida sangat mudah larut dalam air atau alkohol. Apabila Kalium Hidroksida berkontak dengan air timbul panas atau bersifat eksotermis. Larutan KOH pekat sangat berbahaya apabila terkena tubuh karena sifatnya yang korosif. Apabila terkena kulit atau mata bisa menimbulkan iritasi yang parah.

- ***Hidrogen Sianida (HCN)***

Hidrogen Sianida atau Asam Sianida adalah senyawa anorganik berbentuk cairan tak berwarna dan sangat beracun, mempunyai titik didih sedikit di atas suhu ruangan. Apabila tubuh terpapar asam sianida dalam jumlah yang sedikit berakibat pusing, sakit kepala, mual, muntah, napas

cepat, nadi cepat, dan gelisah, lemas. Asam sianida yang terhirup secara oral dalam skala kecil (dalam bentuk sianida padat atau larutan sianida) pada angka 200 mg, atau sekitar 270 ppm sudah cukup untuk mengakibatkan kematian dalam hitungan menit.

- **Amoniak (NH_3)**

Senyawa Amoniak pada keadaan atmosferik berbentuk gas atau uap. Bau yang ditimbulkan senyawa ini sangat tajam. Uap amoniak sangat korosif dan sangat berbahaya apabila terhirup dan masuk ke dalam saluran pernapasan. Amoniak dapat bereaksi dengan bahan oksidator, halogen dan asam-asam kuat. Dalam wujud cairan, amoniak bersifat mudah meledak atau *explosive* jika berkontak dengan terhadap logam berat dan prekursor dalam bentuk garam. Uap yang terhirup pada konsentrasi tinggi dapat menimbulkan pembengkakan saluran pernafasan (hidung dan tenggorokan) yang berakibat terjadinya sesak nafas. Apabila mata terkena cairan amonia pada konsentrasi 0,5% (v/v) selama 30 menit dapat menyebabkan kebutaan permanen. Sedangkan paparan uap amoniak dengan konsentrasi rendah dan terjadi terus-menerus dapat mengakibatkan iritasi pada mata, hidung saluran pernapasan bagian atas.

- **Hidrogen Fluorida (HF)**

Senyawa Hidrogen Fluorida berwujud gas dan dapat membentuk larutan dengan air. Larutan Hidrogen Fluorida sangat beracun dan korosif. Akibat yang ditimbulkan jika larutan ini mengenai kulit, mata atau saluran pernafasan

adalah iritasi yang parah bahkan dapat terjadi kerusakan jaringan. Uap dari larutan Hidrogen Fluorida yang terhirup dapat merusak sistem pernapasan dan dapat menyebabkan paru mengalami kelebihan cairan dan menimbulkan kematian. Kulit yang mengalami kontak dengan Asam Fluorida, bahkan dalam konsentrasi larutan yang sangat encer, bisa menimbulkan luka bakar parah. Jika tidak cepat ditangani maka kemungkinan ion Fluorida masuk ke jaringan tubuh melalui aliran darah. Kulit menyerap larutan ini dengan sangat cepat melalui bagian luar. Selanjutnya jaringan hidup di bawah kulit akan mati karena penggabungan ion Fluorida dengan ion Kalsium. Penggabungan ion-ion ini membentuk Kalsium Fluorida. Seperti diketahui bahwa ion Kalsium sangat penting untuk metabolisme sel dan fungsi organ vital, kehilangan ion ini dari sistem tubuh dapat menyebabkan kondisi yang dikenal sebagai hipokalsemia yaitu suatu keadaan dimana konsentrasi kalsium di dalam darah kurang dari 8,8 mgr/dL darah. Hipokalsemia dapat menyebabkan kematian akibat serangan jantung atau kegagalan beberapa organ vital.

Akibat kemungkinan bahaya yang ditimbulkan, maka penggunaan Hidrogen Fluorida dalam laboratorium harus ditangani dengan sangat hati-hati. Tindakan pencegahan keselamatan yang ketat biasanya diberlakukan pada saat bahan kimia ini digunakan. Penanganan medis yang cepat perlu dilakukan apabila Asam Fluorida tertelan, terhirup atau kontak kulit. Untuk paparan larutan yang encer, tidak ada gejala langsung yang terlihat, karena kemungkinan efek keracunan mungkin tertunda. Apabila tubuh mengalami

kontak dengan Asam Fluorida yang meliputi 2% atau lebih dari permukaan tubuh maka hal ini mengancam kehidupan, karena risiko jumlah yang signifikan dari ion Fluorida memasuki aliran darah. Pemberian salep Kalsium Glukonat ke bagian tubuh yang terkena menyediakan ion Kalsium yang mengikat ion Fluorida, membantu untuk meminimalkan kerusakan jaringan dan mencegah hipokalsemia.

- **Asam Nitrat (HNO_3)**

Asam Nitrat adalah salah satu jenis asam kuat berwujud cairan tidak berwarna atau berwarna kekuningan jika terkena cahaya. Asam Nitrat mudah menguap pada suhu lingkungan dan mudah larut dalam air. Asam Nitrat harus disimpan pada botol gelap untuk menghindari cahaya. Pencampuran dengan air akan menghasilkan panas. Senyawa ini bersifat korosif dan beracun. Apabila terkena cairan asam Nitrat maka jaringan tubuh akan rusak karena terbakar. Uap yang terbentuk berupa nitrogen oksida (NO_2) apabila masuk ke saluran pernafasan akan menyebabkan kerusakan paru-paru.

Bahan-bahan yang disebutkan **diatas** dapat masuk ke dalam tubuh melalui beberapa cara antara lain tertelan, terhirup, **tersentuh** dan lain-lain. Bahan kimia yang tertelan ke dalam saluran pencernaan akan mengakibatkan keracunan. Sedangkan bahan kimia yang terhirup biasanya dalam wujud uap dan dapat masuk ke tubuh melalui alat-alat pernafasan. Bahan beracun dapat pula diserap melalui kulit apabila terjadi kontak secara langsung. Kerusakan jaringan tubuh dapat terjadi apabila tidak dapat dilakukan pertolongan dengan segera setelah terjadi persinggungan. Bagian

tubuh lainnya yang dapat menjadi salah satu tempat masuknya bahan kimia adalah mata. Bahan kimia yang masuk melalui mata akan merusak dan meracuni jaringan bahkan dapat menimbulkan kebutaan.

1.4 Penanganan Bahan-Bahan Kimia Berbahaya

Laboratorium merupakan tempat yang rentan terhadap bahaya berbagai jenis bahan kimia. Apabila bekerja di laboratorium tidak berhati-hati maka kemungkinan akan terjadi kecelakaan dikarenakan sifat-sifat bahan kimia yang rentan terbakar, meledak atau kejadian berbahaya lainnya. Untuk menjamin keamanan diperlukan prosedur kerja dan tindakan pengendalian yang tepat dan hati-hati supaya bahan kimia tersebut tidak menimbulkan bahaya bagi orang-orang yang bekerja di laboratorium. Di samping individu yang bekerja di laboratorium, sarana-pra sarana maupun lingkungan sekitar harus dihindarkan dari bahaya bahan kimia.

Salah satu usaha untuk mengurangi resiko terjadinya kecelakaan ketika menggunakan bahan kimia berbahaya adalah dengan melakukan pengelompokan jenis bahan kimia berbahaya berdasarkan tingkat bahaya dan cara penyimpanan yang terjamin aman. Dengan demikian laboratorium dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya dan aman dari bahaya. Sifat-sifat fisik dan kimia dari bahan yang disimpan dan digunakan mutlak diketahui supaya dapat menghindarkan bahaya yang mungkin ditimbulkan seperti kebakaran, ledakan, terbentuknya gas/uap/debu beracun. Seringkali tidak dapat dihindarkan, akibat yang ditimbulkan dari kecerobohan penyimpanan dan penggunaan bahan kimia akan berdampak yang sangat serius.

Untuk dapat menjamin keamanan penggunaan bahan kimia, maka langkah awal yang perlu menjadi perhatian serius adalah cara penyimpanan. Jenis bahan kimia yang bermacam-macam menuntut cara penyimpanan yang berbeda-beda. Berikut cara-cara penyimpanan bahan kimia berbahaya:

- ***Bahan-bahan kimia yang mudah meledak atau eksplosif***

Bahan-bahan kimia yang mudah meledak memiliki aturan penyimpanan yang sangat ketat. Lokasi untuk menyimpan bahan-bahan ini harus jauh dari sumber tenaga, seperti listrik atau api. Jarak aman yang harus dipenuhi adalah lebih jauh 60 meter dari sumber tenaga tersebut. Hal ini supaya jika terjadi ledakan maka dampak yang ditimbulkan dapat ditekan sekecil mungkin. Tempat untuk menyimpan bahan-bahan kimia ini harus berupa bangunan yang memiliki dinding kokoh dan tahan api. Sirkulasi udara dibuat yang baik dan dijaga kelembabannya secara ketat. Lantai tempat penyimpanan harus terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar. Kondisi tempat penyimpanan harus tetap terkunci sekalipun tidak digunakan.

Penerangan yang dipakai harus merupakan sistem penerangan alami atau lampu listrik yang dapat dibawa. Sumber penerangan juga dapat berasal dari luar tempat penyimpanan. Lokasi penyimpanan tidak boleh ditempatkan di dekat bangunan yang di dalamnya terdapat oli, gemuk, atau bahan kimia mudah terbakar. Api terbuka atau nyala api harus dijauhkan supaya tidak memicu kebakaran. Tempat

penyimpanan bahan kimia ini harus jauh dari rumput kering, sampah, atau material yang mudah terbakar.

- ***Bahan-bahan beracun atau toxic***

Jenis bahan kimia ini dalam keadaan tidak digunakan dapat menimbulkan potensi bahaya. Apalagi jika terjadi kecelakaan maka akan menimbulkan akibat yang fatal terhadap lingkungan sekelilingnya. Untuk mengurangi resiko, bahan beracun harus disimpan dalam ruangan yang sejuk dengan peredaran udara yang baik. Peredaran udara yang baik diperlukan supaya diperoleh kondisi yang sejuk sehingga panas yang mengakibatkan proses penguraian dapat langsung dibuang. Dengan demikian lokasi penyimpanan tidak terkena sinar matahari langsung dan jauh dari sumber panas. Tempat penyimpanan harus jauh dari sumber api yang dapat memicu bahaya kebakaran. Bahan kimia ini juga tidak dapat dicampur dengan bahan yang sejenis untuk mengurangi dampak bahaya.

- ***Flammable atau mudah terbakar***

Lokasi penyimpanan bahan-bahan kimia yang mudah terbakar harus jauh dari sumber api. Kebanyakan bahan kimia yang mudah terbakar mempunyai tekanan uap yang rendah. Hal ini akan mudah memicu kebakaran jika terkena sumber api. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah menyimpan bahan-bahan ini pada tempat yang terlindung dari cahaya matahari. Usaha lain yang dapat dilakukan adalah membuat sistem peredaran udara yang baik. Hal ini akan membuat uap yang terbentuk segera dapat terencerkan

konsentrasinya oleh udara sehingga mencegah percikan api. Tempat penyimpanan harus dipisahkan dari bahan kimia jenis oksidator kuat. Bahan oksidator kuat akan mudah melepaskan panas ke lingkungan sekitar sehingga dapat memicu kebakaran.

- ***Oxidizing Agent atau bahan oksidator***

Penyimpanan bahan-bahan oksidator harus terpisah dengan bahan yang mudah terbakar. Seperti diketahui bahan oksidator dapat menghasilkan oksigen dan dapat memberikan oksigen meskipun dalam keadaan tidak ada udara. Untuk menghasilkan oksigen bahan oksidator memerlukan panas. Di samping itu ada jenis bahan oksidator yang dapat menghasilkan oksigen dalam jumlah banyak pada suhu kamar. Tempat penyimpanan bahan ini suhunya harus dijaga tetap rendah atau dalam keadaan dingin. Sirkulasi udara yang terus menerus diperlukan untuk mencapai keadaan tersebut. Bangunan tempat penyimpanan harus tahan api dan kokoh. Untuk menghindari resiko kebakaran maka bahan oksidator ditempatkan bahan yang mudah terbakar yang memiliki titik nyala rendah. Apabila terjadi kebakaran, alat-alat pemadam kebakaran kurang efektif untuk mengatasi kebakaran pada bahan ini. Untuk memadamkan kebakaran dilakukan penutupan ataupun pengasapan, untuk mencegah terbentuk oksigen dari bahan itu sendiri.

- ***Bahan korosif***

Untuk mencegah bahaya, bahan-bahan korosif harus disimpan di tempat yang kering. Perlu diperhatikan bahwa

suhu penyimpanan harus rendah namun tidak di bawah titik bekunya. Beberapa jenis dari bahan korosi memiliki titik rendah sehingga mudah menguap. Ada bahan korosif lain yang dapat bereaksi dengan uap air menghasilkan dampak yang merusak. Uap yang terbentuk dari bahan korosif mampu merusak bahan struktur tempat **penyimpanan**. Penyimpanan dalam ruangan yang sejuk diperlukan dengan dilengkapi peredaran udara yang baik untuk mencegah terjadinya akumulasi uap. Wadah penyimpan bahan ini harus dalam keadaan tertutup dan dipasang label. Untuk menghindari korosi maka logam yang berada berada disekeliling tempat penyimpanan harus dicat. Secara berkala juga dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui ada atau **tudaknya** kerusakan yang disebabkan oleh korosi.

Bangunan tempat penyimpanan bahan kimia ini harus terpisah dari bangunan lain. Bangunan harus dilengkapi dengan dinding dan lantai yang tahan korosi. Di samping itu dilengkapi saluran pembuangan untuk tumpahan dan memiliki ventilasi yang baik. Tempat penyimpanan harus disediakan pancuran air untuk seluruh tubuh yang digunakan sebagai pertolongan pertama jika terkena bahan tersebut.

- ***Bahan kimia yang mudah bereaksi dengan air***

Penyimpanan bahan kimia ini dilakukan pada lokasi yang jauh dari sumber air. Sifat dari bahan kimia ini yang mudah bereaksi dengan air maka jika terbentuk uap akan mengeluarkan panas bahkan gas-gas yang mudah menyala. Tempat penyimpanan bahan kimia ini harus tahan air karena bahan ini mudah bereaksi dengan sehingga mudah timbul

panas. Tempat penyimpanan harus berada pada lokasi yang tinggi dan terpisah dari penyimpanan bahan lainnya. Instalasi pemadam kebakaran yang terpasang secara permanen di dalam gedung atau sprinkler otomatis tidak digunakan dalam tempat penyimpanan.

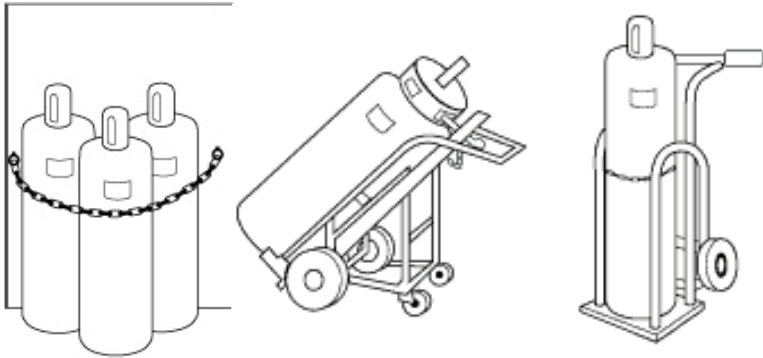
- ***Bahan kimia reaktif terhadap asam (Acid Sensitive Substances)***

Bahan kimia ini mudah bereaksi dengan asam. Hasil reaksi yang berupa uap akan menghasilkan panas, dan gas-gas yang mudah menyala. Tempat penyimpanan bahan ini harus dilengkapi dengan ventilasi untuk peredaran udara dan suhu dijaga tetap sejuk. Bahan untuk bangunan tempat penyimpanan terbuat dari kayu untuk menghindari pengaruh korosi akibat bahan ini. Jika konstruksi tempat penyimpanan terbuat dari bahan logam maka harus dilakukan pengecatan cat atau dibuat tahan asam.

- ***Gas bertekanan (compressed gases)***

Gas bertekanan disimpan dalam tabung silinder. Tabung silinder harus dirantai atau diikat secara kuat bila perlu ditambahkan penyangga. Pada bagian atas tabung silinder perlu dipasang cap atau penutup terutama pada saat gas tidak digunakan. Tempat penyimpanan dijaga supaya tetap sejuk dan tidak terkena sinar matahari secara langsung. Saluran pipa panas harus dijauhkan dari tempat penyimpanan bahan ini. Untuk menghindari bahaya kebakaran maka tempat penyimpanan dibuat tahan api. Tindakan preventif dengan memasang alat semprot air otomatis atau sprinkler

diperlukan untuk mencegah terjadinya kebakaran.



Gambar 1.2. Cara penyimpanan gas bertekanan dalam laboratorium.

Selain cara-cara cara-cara penyimpanan bahan kimia berbahaya seperti yang telah dijelaskan maka beberapa faktor lain yang harus diperhatikan untuk tindakan pencegahan kecelakaan di dalam laboratorium. Di antaranya adalah ruangan bekerja harus memiliki ventilasi yang baik untuk menjaga ruangan tetap sejuk. Pemindahan bahan kimia dengan konsentrasi tinggi atau pekat serta mengencerkannya harus sebaiknya dikerjakan dalam almari asam. Apabila terjadi tumpahan asam pekat maka harus dilakukan proses penetralan terlebih dahulu yaitu dengan menuangkan bahan yang mempunyai sifat basa atau alkali. Namun apabila tumpahan dalam jumlah banyak maka perlu disiapkan pemadam kebakaran. Botol-botol tempat penyimpanan harus diberi label atau penanda yang menunjukkan informasi tentang jenis bahan yang disimpan. Wadah penyimpanan tidak boleh bocor dan selalu dalam keadaan tertutup. Individu yang bekerja di laboratorium harus menggunakan Alat Pelindung Diri (APD). APD adalah kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai

bahaya dan risiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya. Jenis-jenis APD antara lain adalah masker, sarung tangan dan kaca mata pengaman. Gambar 1.1. menunjukkan APD yang harus digunakan saat bekerja di laboratorium.



Gambar 1.3. Jenis Alat Pelindung Diri di laboratorium.

1.5 Pengelolaan Bahan Kimia Ramah Lingkungan untuk Laboratorium

Untuk dapat melakukan penelitian yang ramah lingkungan atau *green chemistry*, Anastas dan Warner (1998) mengusulkan konsep "The Twelve Principles of Green Chemistry". Berikut adalah ke-12 prinsip *green chemistry* yang diusulkan oleh Anastas dan Warner :

1) **Mencegah timbulnya limbah dalam proses**

Pada kegiatan di dalam laboratorium dilakukan upaya pencegahan timbulnya limbah. Hal ini perlu dilakukan karena biaya untuk penanggulangan atau pembersihan limbah sangat besar.

2) **Mendesain produk bahan kimia yang aman**

Untuk merancang sintesis bahan kimia yang aman perlu dimiliki pengetahuan mengenai struktur kimia sehingga dapat diketahui karakteristik bahan terkait kemampuannya untuk merusak atau toksisitas dari suatu molekul. Dari usaha ini diharapkan akan diperoleh nilai optimum agar produk bahan kimia memiliki kemampuan dan fungsi yang baik namun tetap aman (toksisitas rendah).

3) **Mendesain proses sintesis yang aman**

Perancangan metode sintesis yang digunakan harus menggunakan dan menghasilkan bahan kimia yang tidak beracun terhadap manusia maupun lingkungan sekitar. Untuk mewujudkannya maka perlu diminimalkan paparan bahan kimia ke lingkungan. Di samping itu bahaya terhadap orang yang menggunakan bahan kimia tersebut perlu dicegah.

4) **Menggunakan bahan baku yang dapat terbarukan**

Untuk alasan ekonomi pemakaian bahan baku yang dapat diperbarui lebih disarankan daripada menggunakan bahan baku yang tak terbarukan. Bahan baku yang dapat diperbarui berasal dari produk pertanian atau perkebunan, sedangkan bahan baku tak terbarukan antara lain berasal dari minyak bumi, gas alam, batu bara, mineral dan bahan tambang lainnya.

5) **Menggunakan katalis**

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan katalis antara lain adalah **selektifitas** yang lebih baik, perolehan hasil yang tinggi, serta mampu menekan terjadinya produk samping. Katalis mempunyai peran yang sangat penting karena mampu **mengkonversi** bahan baku menjadi produk yang diinginkan. Di samping itu penggunaan katalis berperan pada pengurangan penggunaan reagen dan mampu meminimalkan penggunaan energi dalam suatu reaksi.

6) **Menghindari penggunaan produk turunan sementara dalam reaksi kimia**

Sintesis produk turunan yang tidak diperlukan dengan menggunakan modifikasi sementara pada proses fisika ataupun kimia harus dihindari karena akan memerlukan penambahan reagen. Hal ini akan menghasilkan limbah yang lebih banyak.

7) **Memaksimalkan atom ekonomi**

Atom ekonomi adalah sebuah konsep perancangan reaksi kimia yang bisa mengubah bahan baku dengan semaksimal mungkin menjadi produk dengan limbah yang sekecil mungkin. Adanya produk samping sebisa mungkin untuk diminimalkan. Dengan demikian reaksi kimia yang dilakukan memiliki nilai konversi, **selektifitas**, dan **yield** yang setinggi-tingginya. Atom ekonomi mengacu pada persentase atom dalam bahan baku yang dikonversi menjadi produk.

Metode sintesis yang digunakan harus dirancang untuk menghasilkan produk yang diinginkan dengan jumlah besar yang berasal dari bahan baku. Konsep atom ekonomi ini harus mampu menilai kemampuan reaksi kimia yang pernah dijalankan di mana hanya melihat perolehan hasil sebagai parameter untuk menentukan suatu reaksi efektif dan efisien tanpa melihat jumlah limbah yang dihasilkan dari reaksi tersebut.

8) Menggunakan pelarut yang aman

Pada suatu reaksi kimia penggunaan bahan kimia tambahan sebisa mungkin harus dihindari penggunaannya. Bahan kimia tambahan tersebut biasanya digunakan untuk pelarut atau ekstraktan. Jika harus digunakan, maka jumlah bahan kimia tambahan yang ditambahkan harus seminimal mungkin. Penggunaan bahan kimia sebagai pelarut sangat diperlukan dalam proses sintesis maupun analisis. Jumlah bahan kimia tambahan yang berlebih pada saat proses sintesis akan menghasilkan polusi yang mencemari lingkungan. Apabila penggunaan bahan kimia tambahan tidak bisa dihindarkan maka dapat digunakan beberapa tipe pelarut alternative yang lebih ramah lingkungan seperti ionic liquids, supercritical carbon dioxide, dan biosolvents. Penggunaan beberapa metode sintesis baru yang lebih ramah lingkungan dan aman seperti reaksi tanpa menggunakan pelarut ataupun reaksi dalam media air dapat menjadi pilihan yang bijaksana.

9) ***Meningkatkan efisiensi energi dalam reaksi***

Salah satu komponen penting untuk berlangsungnya proses kimia adalah energi. Penggunaan energi dalam proses kimia harus memperhitungkan dampak yang ditimbulkan kepada lingkungan. Aspek ekonomi juga menjadi dasar pada pemanfaatan energi. Proses kimia jika dimungkinkan dijalankan dalam suhu atmosfer dan tanpa tekanan. Pemanfaatan energi alternatif dalam proses kimia dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode baru diantaranya adalah dengan menggunakan radiasi gelombang mikro atau ultrasonik.

10) ***Mendesain bahan kimia yang mudah terdegradasi***

Pertimbangan terhadap aspek lingkungan mendasari perancangan bahan kimia yang mudah terdegradasi. Dengan demikian bahan kimia tidak terakumulasi di lingkungan. Beberapa jenis bahan yang mudah terdegradasi adalah plastik **biodegradable**, polimer **bioderadable** dan bahan kimia **lainya**.

11) ***Penggunaan metode analisis secara langsung untuk mengurangi polusi***

Analisis hasil diupayakan dilakukan secara **real-time** untuk menghindari pembentukan produk samping yang tidak diinginkan. Terkait dengan hal ini maka perlu dilakukan pengembangan metode dan teknologi analisis yang dapat mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya.

12) Meminimalisasi potensi kecelakaan

Potensi kecelakaan yang ditimbulkan dari bahan kimia yang digunakan dalam reaksi kimia harus diminimalisir sehingga bahaya yang timbul akibat masuknya bahan kimia ke lingkungan dapat dihindari. Kecelakaan yang sering terjadi adalah terjadinya ledakan dan kebakaran.

1.6 Soal

- 1) Jelaskan mengenai bahan-bahan kimia berbahaya!
- 2) Sebutkan dan jelaskan berbagai akibat yang dapat ditimbulkan karena penggunaan bahan kimia yang kurang hati-hati dan tidak sesuai prosedur?

2 Identifikasi Zat Warna dengan Metode Kromatografi

Capaian Pembelajaran

Mahasiswa mampu melakukan identifikasi zat warna dengan metode kromatografi.

Mahasiswa mampu memisahkan dan menentukan pigmen dalam berbagai sampel daun dengan kromatografi lapis tipis.

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Definisi Kromatografi

Kromatografi adalah metode teknik pemisahan molekul berdasarkan perbedaan pola pergerakan antara fase gerak dan fase diam. Teknik digunakan untuk memisahkan komponen berupa molekul yang berada dalam larutan. Pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi merupakan metode pemisahan secara fisika. Pada teknik ini komponen-komponen yang akan dipisahkan dari larutan didistribusikan menjadi dua fase. Kedua fase tersebut adalah lapisan diam atau stationer dan fase gerak. Fase diam memiliki permukaan yang luas, sedangkan fase gerak berupa zat cair yang mengalir secara lambat (perkolasi) dan menembus lapisan diam.

Pada kolom kromatografi terdapat fasa diam yang umumnya terbuat dari material padatan yang dapat mengabsorpsi komponen-komponen dalam sampel. Fasa diam ini dapat berupa cairan yang melarutkan komponen-komponen dalam sampel. Komponen-komponen dalam sampel masuk ke dalam kolom kromatografi yang mengandung fasa diam, dan terjadi interaksi antara komponen-komponen yang terbawa oleh fasa gerak dan fasa diam. Interaksi ini berbeda-beda untuk masing-masing komponen yang terdapat dalam campuran tersebut, sehingga terjadi proses pemisahan. Setelah komponen-komponen dalam sampel terpisah, masing-masing komponen tersebut dideteksi oleh detektor yang terdapat pada peralatan kromatografi. Sinyal yang keluar dari detektor kromatografi dapat di plot terhadap waktu. Plot sinyal terhadap waktu ini disebut "kromatogram".

2.1.2 Perkembangan Kromatografi

Kromatogram ditemukan pada tahun 1903 oleh seorang berkebangsaan Italia bernama Mikhail Tsvet. Tsvett melakukan percobaan untuk memisahkan pigmen-pigmen dari daun dengan menggunakan kolom. Kolom yang digunakan berisi kapur (CaSO_4). Istilah kromatografi diperkenalkan oleh Tswett untuk menggambarkan daerah-daerah berwarna yang bergerak ke bawah kolom. Seorang ahli kimia dari Amerika Serikat, D.T. Day pada saat yang hampir bersamaan juga menggunakan teknik kromatografi untuk memisahkan komponen dari produk minyak bumi. Namun demikian telah disepakati bahwa yang diakui sebagai penemu proses kromatografi adalah Tsvett. Beberapa tahun sesudahnya penelitian tentang kromatografi mengalami penurunan sampai digunakan suatu teknik dalam bentuk kromatografi padatan cair

atau *Liquid Solid Chromatography* (LSC).

Selanjutnya pada akhir tahun 1930-an sampai permulaan tahun 1940-an, kromatografi mulai berkembang dengan pesat. Pada tahun 1938, Nikolai Izmailov dan Maria Schreiber, ahli kimia dari Ukraina meletakkan dasar kromatografi lapisan tipis (KLT). W.H. Stall kemudian mengembangkan lebih lanjut teknik ini terutama untuk analisis minyak atsiri. Selanjutnya A. J. P. Martin dan R. L. M. Syngge mengembangkan kromatografi partisi yang merupakan penggabungan kromatografi gas dan kromatografi kertas. Berkat penemuannya ini A. J. P. Martin dan R. L. M. Syngge mendapatkan hadiah Nobel Kimia pada tahun 1952. Makalah pertama tentang mengenai kromatografi gas dipublikasikan pertama kali pada tahun 1952 oleh A. J. P. Martin. Selanjutnya kromatografi dikembangkan menjadi suatu teknik analisis yang canggih sampai akhir dasawarsa 60-an.

Teknik kromatografi cair dilakukan dalam kolom gelas berdiameter besar pada kondisi atmosferik. Analisis dilakukan dalam waktu yang lama dan mengikuti prosedur yang sangat rumit. Usaha untuk mengembangkan kromatografi cair semakin dikembangkan pada akhir tahun 1960-an. *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) atau kromatografi cair penampilan tinggi semakin berkembangnya instrumentasi dan perangkat keras (*hardware*). HPLC didefinisikan sebagai kromatografi cair yang dilakukan dengan memakai fase diam yang terikat secara kimia pada kolom halus yang distribusi ukurannya sempit dan fase gerak yang dipaksa mengalir dengan laju alir yang terkendali dengan memakai tekanan tinggi. Penggunaan teknik ini akan menghasilkan pemisahan dengan resolusi tinggi dan waktu yang relatif singkat.

Pada saat ini, kromatografi sangat diperlukan dalam memisahkan suatu campuran senyawa.

2.1.3 Prinsip Kromatografi

Pada prinsipnya semua cara pemisahan kromatografi mengalami proses yang **sama** yaitu adanya distribusi komponen-komponen dalam fasa diam dan fasa gerak dengan memanfaatkan perbedaan-perbedaan sifat-sifat fisik komponen yang akan dipisahkan. Perbedaan sifat-sifat fisik tersebut diantaranya adalah kelarutan yang berbeda terhadap suatu pelarut, sifat untuk berikatan (adsorpsi) dengan suatu bahan padat, dan kemudahan menguap pada suhu yang berbeda.

Kromatografi kertas menggunakan dua jenis fase, yaitu fase diam dan fase gerak. Kedua fase tersebut berwujud cair. Prinsip pemisahan pada kromatografi kertas sama dengan mekanisme pada pemisahan menggunakan kromatografi kolom. Adsorben dalam kromatografi kertas adalah kertas saring. Sampel yang akan dianalisis dioleskan pada ujung kertas, selanjutnya kertas digantung dalam suatu wadah. Dasar kertas saring dicelupkan ke dalam pelarut yang berada di dasar wadah. Fasa gerak dapat menggunakan Air, Etanol, Asam Asetat atau campurannya.

2.1.4 Jenis Kromatografi

Berdasarkan asas terjadinya proses pemisahan maka kromatografi dibedakan menjadi 4 (empat) yaitu :

1) Kromatografi adsorpsi

Kromatografi jenis ini menggunakan fasa diam padat dan fasa gerak cair atau gas. Pemisahan komponen-komponennya

bergantung pada perbedaan polaritas molekul-molekul yang akan dipisahkan.

2) **Kromatografi partisi**

Kromatografi jenis ini memakai fasa diam cair dan fasa gerak cair. Pemisahan komponen-komponen akan sangat tergantung pada perbedaan koefisien distribusi antara molekul-molekul yang dipisahkan.

3) **Kromatografi filtrasi**

Kromatografi jenis ini memakai fasa padat yang mempunyai sifat mapu menyaring terhadap komponen yang mempunyai massa molekul relatif (M_r) yang tinggi dan fasa padat tersebut dimiliki oleh gel atau sejenisnya sedangkan fasa geraknya adalah cairan. Kromatografi dengan dasar filtrasi ini sangat dipengaruhi oleh perbedaan bentuk struktur dan ukuran molekul.

4) **Kromatografi suhu kritik**

Pada dasarnya merupakan pengembangan dari kromatografi gas, sebagai fasa gerak dipakai gas karbondioksida (CO_2) dalam keadaan superkritik.

Secara teori, pemisahan kromatografi yang paling baik akan diperoleh jika fase diam mempunyai luas permukaan sebesar-besarnya sehingga terjadi keseimbangan antara fase diam dan fase gerak. Pemisahan dapat berlangsung dengan baik jika fase gerak bergerak dengan cepat sehingga difusi yang terjadi sekecil-kecilnya. Untuk memperoleh permukaan fase diam yang luas, maka

fase diam harus berupa serbuk halus. Sedangkan untuk memaksa fase gerak bergerak cepat melalui fase diam yang berupa serbuk halus, harus digunakan tekanan tinggi.

Komponen utama kromatografi adalah fase diam dan fasa gerak. Kromatografi dibagi menjadi beberapa jenis bergantung pada jenis fase dan mekanisme pemisahannya. Tabel Tabel 2.1. menunjukkan klasifikasi kromatografi.

Tabel 2.1. Klasifikasi Kromatografi.

Kriteria	Nama
Fase gerak	kromatografi cair kromatografi gas kromatografi adsorpsi kromatografi partisi
Mekanisme	kromatografi pertukaran ion kromatografi gel
Fase diam	kromatografi kolom kromatografi lapis tipis kromatografi kertas

Teknik kromatografi dapat dikelompokkan dengan berbagai cara. Pengelompokkan tersebut kebanyakan didasarkan pada jenis fase yang digunakan. Selain itu kromatografi dapat dikelompokkan berdasarkan teknik yang digunakan, yaitu

- ***Kromatografi cairan-padat atau kromatografi serapan.***

Kromatogram dengan teknik ini telah digunakan secara luas untuk analisis organik dan biokimia. Pada umumnya

sebagian isi dari kolom adalah silika gel atau alumina yang mempunyai angka banding luas permukaan terhadap volume sangat besar. Pemilihan bahan penyerap untuk teknik ini sangat terbatas. Keterbatasan dari teknik ini adalah distribusi untuk serapan tergantung pada kadar total. Hal ini menyebabkan pemisahan tidak sempurna. Contoh teknik ini adalah kromatografi dengan larutan eter petroleum dan kolom CaCO_3 yang pertama kali ditemukan oleh Tsvett serta kromatografi pertukaran ion.

- ***Kromatografi cairan-cairan atau kromatografi partisi.***

Pada teknik ini fase diam terdiri atas lapisan tipis, cairan yang melapisi permukaan dari padatan inert yang berpori-pori. Ada banyak jenis kombinasi cairan yang dapat digunakan sehingga metode ini sangat berguna. Koefisien distribusi dari metode ini tidak bergantung pada kadar dan memberikan pemisahan lebih sempurna. Contoh kromatografi partisi adalah kromatografi pada kolom gel silika dan kromatografi kertas.

- ***Kromatografi gas-padat***

Teknik kromatografi ini telah digunakan sebelum tahun 1800 untuk memurnikan gas. Kromatografi gas-padat tidak berkembang karena keterbatasannya sama seperti halnya kromatografi cairan-padat, tetapi penelitian lebih lanjut dengan macam fase padat yang baru memperluas penggunaan teknik ini.

- **Kromatografi gas-cairan**

Merupakan metode pemisahan yang sangat efisien dan dapat digunakan untuk berbagai kepentingan terutama dalam kimia organik, sejak dikenalkan pertama kali oleh James dan Marthin pada tahun 1952. Kromatografi gas **di aplikasikan** sebagai salah satu instrumen analisis fisiko-kimia yang sasarannya sampai saat ini adalah untuk analisis kualitatif dan kuantitatif. Hambatan yang paling utama dari teknik ini adalah bahan cuplikan harus mempunyai tekanan uap yang tinggi pada suhu kolom. Teknik ini sangat baik sehingga dapat digunakan sebagai metode pilihan dalam kromatografi karena dapat memisahkan dengan cepat dan sensitif.

- **Kromatografi penukar ion**

Kromatografi pertukaran ion adalah salah satu teknik pemurnian senyawa spesifik di dalam larutan campuran. Prinsip utama dalam metode ini didasarkan pada interaksi muatan positif dan negatif antara molekul spesifik dengan matriks yang berada di dalam kolom kromatografi. Pada teknik kromatografi pertukaran ion, proses pemurnian senyawa spesifik di dalam larutan campuran atau proses substitusi satu jenis senyawa ionik dengan yang lain terjadi pada permukaan fase diam atau stasioner. Fase stasioner tersebut merupakan suatu matriks yang kuat (*rigid*), yang permukaannya mempunyai muatan, dapat berupa muatan positif maupun negatif. Mekanisme pemisahan berdasarkan pada daya tarik elektrostatik.

Pada kromatografi ini melibatkan reaksi kimia dalam pemisahannya. Dengan demikian, kesetimbangan yang

terjadi di permukaan berbeda dengan kesetimbangan kromatografi lainnya. Komponen ionik akan tertahan secara selektif karena berkaitan dengan penukar ion yang ada pada fase diam. Kromatografi ini mempunyai keterbatasan karena berkaitan dengan perhitungan kimia.

- ***Kromatografi permeasi gel***

Kromatografi permeasi gel atau pertukaran molekul merupakan metode kromatografi yang meliputi kromatografi eksklusi, kromatografi penyaring gel, dan kromatografi permeasi gel. Modifikasi molekul polisakarida linier yang mempunyai ikatan silang digunakan pada proses pemisahan dengan kromatografi permeasi gel. Bahan polisakarida mampu menyerap air dan membentuk struktur seperti bentuk saringan. Bentuk saringan mampu untuk memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukurannya. Molekul-molekul dengan berat molekul antara 100 sampai beberapa juta dapat dipekatkan dan dipisahkan dengan metode kromatografi ini. Kromatografi permeasi gel dapat menggunakan polistirena yang berguna untuk pemisahan polimer.

- ***Kromatografi elektroforesis***

Kromatografi elektroforesis menyangkut perbedaan migrasi spesies-spesies bermuatan dalam suatu larutan di bawah pengaruh dari penggunaan suatu **gradient** potensial. Kecepatan migrasi setiap spesies tergantung atas ukuran, bentuk dan muatan spesiesnya. Metoda elektroforesis merupakan metoda pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan muatan dan massa melekul relatif dari komponen

penyusunnya. Pemisahan terjadi karena perbedaan laju migrasi komponen-komponen bermuatan oleh pengaruh medan listrik.

- ***Kromatografi kertas***

Pada kromatografi kertas senyawa-senyawa yang dapat dipisahkan dapat diambil dari kertas dengan jalan memotong noda (*spot*) yang kemudian melarutkan secara terpisah. Setetes dari larutan cuplikan yang mengandung sejumlah komponen yang dipisahkan dengan cara ditetaskan pada daerah yang diberi tanda di atas sepotong kertas saring dimana tetesan tersebut akan meluas membentuk noda yang dibuat. Bila noda telah kering, kertas dimasukkan dalam bejana tertutup yang telah berisi pelarut sebagai fase gerak dimana ujung yang mengandung cuplikan tercelup (noda harus tidak tercelup, sedikit di atas permukaan pelarut). Pelarut bergerak melalui sela-sela dari kertas oleh gaya kapiler dan menggerakkan komponen-komponen dari campuran cuplikan pada perbedaan jarak dalam arah aliran pelarut. Bila permukaan pelarut telah bergerak sampai jarak yang cukup jauhnya atau setelah waktu yang telah ditentukan, maka kertas diambil dari bejana dan kedudukan dari permukaan pelarut diberi tanda dan lembaran kertas dibiarkan kering. Jika senyawa-senyawa tidak berwarna maka harus dideteksi dengan metode kimia atau fisika. Cara yang biasa adalah menggunakan suatu pereaksi yang memberikan sebuah warna terhadap beberapa atau semua dari senyawa-senyawa. Sering juga menggunakan cara deteksi dengan sinar ultra violet atau teknik radiokimia.

2.1.5 Aplikasi Kromatografi

Salah satu aplikasi kromatografi yang penting adalah dalam bidang bioteknologi. Kromatografi dapat digunakan untuk melakukan penentuan kandungan protein dalam suatu senyawa baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Seperti banyak diketahui bahwa untuk keperluan dalam biofarmasi senyawa protein dan turunannya banyak dipilih sebagai obyek yang harus dimurnikan. Selain protein, aplikasi lain dari kromatografi adalah pemisahan molekul-molekul penting lainnya diantaranya adalah karbohidrat, lemak, asam nukleat, dan vitamin. Data-data yang diperoleh dari kromatografi digunakan untuk peningkatan kualitas produk obat-obatan. Data tersebut juga dapat dimanfaatkan sebagai pijakan awal untuk menghasilkan jenis obat baru. Selain itu obat yang sudah dapat diproduksi dapat dikontrol masa pemakaiannya sehingga dapat bertahan lama.

Metode kromatografi sangat bermanfaat dalam bidang klinis. Salah satunya adalah untuk mengidentifikasi suatu cairan dari jaringan tubuh, seperti air liur atau lendir. Jenis penyakit dari suatu pasien dapat diketahui dengan melakukan analisis menggunakan teknik kromatografi. Kadar sianida dalam air liur seorang perokok dapat digunakan untuk mengetahui apakah seseorang termasuk perokok berat atau ringan. Cairan dari jaringan tubuh lainnya seperti darah, air kencing, atau ingus juga dapat dianalisis dengan teknik kromatografi memberikan informasi yang cepat dan akurat. Dengan demikian keberadaan suatu penyakit dalam tubuh manusia dapat dideteksi secara tepat dan cepat. Untuk pasien yang menderita batu ginjal deteksi adanya senyawa oksalat dalam air kencing dapat juga dilakukan dengan kromatografi. Dibandingkan

dengan metode analisis yang lain seperti permanganometri, gravimetri, atau spektrofotometri, kromatografi membutuhkan prosedur yang lebih sederhana dan waktu yang cukup singkat untuk mendapatkan data hasil analisis.

Pada bidang forensik, aplikasi kromatografi sangat membantu untuk mengatasi masalah keamanan. Analisis bahan yang terkandung dalam bahan peledak dapat dilakukan dengan analisis kromatografi. Antisipasi terhadap adanya kandungan yang berbahaya dalam bahan peledak akan mempercepat tindakan antisipasi jika terjadi ledakan pada suatu lokasi. Efek ledakan yang berupa radiasi dapat segera diketahui dan kemungkinan radiasi akan mengenai tubuh manusia di sekitar lokasi ledakan juga segera diketahui. Informasi tentang efek negatif yang dapat ditimbulkan terhadap lingkungan juga bisa segera diketahui. Seperti diketahui bahwa bahan peledak akan meledak perubahan mendadak antara lain perubahan suhu yang tiba-tiba, terjadi benturan, adanya gesekan, atau timbul getaran mendadak. Adanya pengaruh tersebut membuat bahan peledak berubah menjadi materi lain yang lebih stabil. Perubahan tersebut kemudian diikuti dengan perubahan tekanan yang besar, sehingga menimbulkan ledakan dahsyat atau munculnya percikan api disertai kebakaran.

Kromatografi dapat diaplikasikan juga dalam bidang lingkungan. Permasalahan pemanasan global (*global warming*) merupakan hal serius yang dihadapi oleh negara-negara berkembang dan negara maju yang mengandalkan industri sebagai penopang ekonominya. Pengamatan tentang kondisi air hujan sangat penting karena beberapa pengaruh berbahaya karena hujan asam. Hujan asam dapat meningkatkan keasaman sungai, danau, waduk dan

sumber air lainnya yang pada dapat menyebabkan kematian pada kehidupan air. Tanah dapat meningkat nilai keasamannya dan merembes ke air permukaan tanah yang dipergunakan sebagai sumber air minum sehari-hari.

2.2 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Kromatografi Lapis Tipis (KLT) merupakan analisis kualitatif dengan cara pemisahan campuran menjadi senyawa-senyawa penyusunnya. KLT banyak digunakan untuk senyawa yang volatil. KLT merupakan analisis yang dapat dilakukan dengan cepat dan hanya diperlukan bahan yang sedikit. KLT juga dapat digunakan untuk memisahkan senyawa-senyawa yang yang tidak dapat larut dalam air hidrofobik seperti lemak dan senyawa hidrokarbon yang sulit dilakukan dengan teknik kromatografi kertas.

KLT dapat dimanfaatkan untuk mencari jenis eluen pada metode kromatografi kolom, analisis fraksi yang diperoleh dari kromatografi kolom, identifikasi senyawa secara kromatografi, dan isolasi senyawa murni pada skala kecil. Pelarut yang dipilih yang sesuai dengan sifat kelarutan senyawa yang dianalisis. Bahan yang digunakan untuk lapisan tipis dipilih dari senyawa yang tidak bereaksi dengan pereaksi-pereaksi yang lebih reaktif. Lapisan tipis dapat digunakan bahan yang terbuat dari silika gel, aluminium oksida, atau selulosa. Data yang diperoleh dari KLT adalah nilai *Retardation Factor* (RF). Nilai **Rf** berguna untuk melakukan identifikasi suatu senyawa. Nilai **Rf** untuk senyawa murni dibandingkan dengan nilai Rf dari senyawa standar.

Nilai R_f didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh oleh senyawa dari titik asal dibagi dengan jarak yang ditempuh oleh pelarut dari titik asal. Nilai R_f akan selalu lebih kecil dari 1,0. Teknik KLT dilakukan dengan menggunakan sebuah lapis tipis dari bahan silika atau alumina yang homogen yang diletakkan pada sebuah lempeng gelas atau logam atau plastik yang keras. Bahan silika atau alumina merupakan fase diam. Fase diam untuk kromatografi lapis tipis mengandung substansi yang dapat berpendar seperti flour dalam sinar ultra violet. Fase gerak merupakan pelarut atau campuran pelarut yang sesuai.

Pelaksanaan kromatografi digunakan dalam pemisahan zat warna yang suatu campuran yang tersusun dari beberapa zat pewarna. Pada pelaksanaan KLT mula-mula sebuah garis menggunakan alat tulis digambar pada tempat yang dekat bagian bawah lempengan. Pelarut sebanyak setetes dari campuran pewarna ditempatkan pada garis yang telah dibuat. Selanjutnya diberikan penandaan pada garis di lempengan untuk menunjukkan posisi awal dari tetesan.

Jika pelaksanaan dilakukan menggunakan tinta, maka pewarna dari tinta akan bergerak seperti pada pembentukan kromatografi. Saat bercak dari campuran pelarut dan tinta mengering, lempengan ditempatkan dalam sebuah gelas yang tertutup berisi pelarut dalam jumlah yang sedikit. Batas pelarut berada di bawah garis dimana posisi bercak berada. Gelas perlu ditutup untuk memastikan kondisi dalam gelas kimia terjenuhkan oleh uap dari pelarut. Untuk mendapatkan kondisi ini, dalam gelas ditempatkan kertas saring yang dibasahi oleh pelarut. Kondisi jenuh dalam gelas dengan terbentuknya uap akan mencegah penguapan pelarut.

Pelarut bergerak lambat di atas lempengan, senyawa-senyawa berbeda dari campuran pewarna akan bergerak pada kecepatan yang berbeda dan ditunjukkan dengan adanya perbedaan bercak warna. Pelarut dapat mencapai bagian atas lempengan. Hal ini memberikan pemisahan maksimal dari senyawa penyusun campuran.

Kromatografi dimanfaatkan untuk pemisahan campuran menjadi komponen-komponen penyusunnya. Kromatografi merupakan teknik pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan kecepatan perambatan komponen dalam medium tertentu. Pada kromatografi, komponen-komponennya terpisah menjadi dua fase yaitu fase diam dan fase gerak. Fase diam menahan campuran di atas lempengan sedangkan fase gerak akan melarutkan komponen-komponen penyusun campuran. Komponen yang mudah tertahan pada fase diam akan tertinggal di atas lempengan. Sedangkan komponen yang mudah larut dalam fase gerak akan bergerak lebih cepat.

Semua jenis teknik kromatografi memiliki fase diam dan fase gerak. Fase diam dapat berupa padatan atau kombinasi cairan-padatan. Sedangkan fase gerak berupa cairan atau gas. Fase gerak mengalir melalui fase diam dan membawa komponen-komponen penyusun campuran. Komponen-komponen berbeda akan bergerak pada kecepatan yang berbeda. Proses kromatografi dapat digunakan untuk pemisahan komponen gula dari komponen non gula dan abu dalam tetes menjadi komponen penyusunnya. Pemisahan dapat terjadi karena adanya perbedaan adsorpsi, difusi dan eksklusi dari komponen gula dan non gula tersebut terhadap adsorben dan eluen yang digunakan.

Eluen adalah fasa gerak yang berperan penting pada proses elusi bagi larutan umpan untuk melewati fasa diam. Interaksi antara adsorben dengan eluen sangat menentukan dalam terjadinya pemisahan komponen. Oleh sebab itu pemisahan komponen-komponen dari campuran secara kromatografi dipengaruhi oleh laju alir eluen dan jumlah umpan. Eluen dapat digolongkan menurut ukuran kekuatan teradsorpsinya pelarut atau campuran pelarut tersebut pada adsorben. Seperti yang telah dijelaskan adsorben yang banyak digunakan adalah silika dan alumina dengan ketebalan yang tipis. Pelarut yang bersifat polar dapat menghilangkan pelarut non polar dari ikatannya dengan silika atau alumina.

2.3 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada praktikum ini adalah:

- Senyawa/bubuk zat warna
- Etanol p.a.
- Kertas saring

Alat-alat yang digunakan:

- Tabung reaksi
- Gelas beker
- Gelas arloji
- Pengaduk
- Timbangan
- Alat penyuntik (pipa kapiler)

2.4 Cara Kerja

2.4.1 Pembuatan fasa bergerak.

- Ambil 5 ml etanol dan 3 ml air, masukkan dalam bejana (gelas beker).
- Masukkan kertas saring kedalam bejana dalam keadaan **berdini** sehingga bagian bawah tercelup oleh fasa bergerak.
- Tutuplah bejana dan amati apa yang terjadi pada kertas saring.

2.4.2 Pembuatan cuplikan.

- **timbang** zat yang akan dianalisa $\pm 0,5$ gram, masukkan ke dalam tabung reaksi & larutkan dalam air ± 10 cc hingga homogen.
- Diatas lapisan tipis, teteskan larutan zat warna tersebut dengan pertolongan alat penyuntik.

2.4.3 Pelaksanaan percobaan

- Sebelum melaksanakan penelitian ini cobalah teteskan noda kertas putih, usahakan noda bentuk tetesan berbentuk titik atau lingkaran kecil.
- Biarkan sejenak agar noda tetesan zat warna diatas lapisan tipis mengering.
- **mencatat** jarak titik pusat noda dengan bagian bawah lapisan tipis, usahakan tidak lebih kecil dari 1 cm.
- Setelah noda tampak kering tetap dimasukkan dalam bejana, usahakan bagian lain dan fasa tetap jangan sampai terkena fasa bergerak, kecuali bagian bawah noda.
- Tutup kembali bejana, dan amati apa yang terjadi pada fasa tetap dan noda zat warna
- Setelah fasa bergerak naik sampai hampir ujung atas fasa

tetap, fasa tetap diambil dari bejana dan batas fasa tetap diberi tanda, biarkan kering diudara.

- Hitung harga *Retardation Factor* (RF).

2.5 Pengolahan Data

Identifikasi dan interpretasi senyawa-senyawa yang terpisah lazim digunakan dengan menghitung harga *Retardation Factor* (RF). Jarak bercak noda yang digerakkan oleh fasa bergerak dan titik asal.

$$RF = \frac{\text{jarak bercak noda yang digerakkan oleh fase bergerak dari titik asal}}{\text{jarak akhir gerakan fase bergerak dari titik asal}} \quad \dots(2.1)$$

Jarak akhir gerakan fasa bergerak dan titik asal Harga satuan RF mencerminkan pengaruh-pengaruh afinitas, homogenitas dan polaritas antara fasa bergerak, fasa tetap dan senyawa-senyawa yang dipisahkan mempunyai afinitas terhadap fasa bergerak lebih tinggi dari pada senyawa-senyawa yang mempunyai harga RF lebih besar, atau sebaliknya. Senyawa-senyawa yang murni (terdiri dari satu gugus fungsional) biasanya terdapat bercak noda hanya satu dengan harga RF yang bermacam-macam.

2.6 Soal

- 1) Sebutkan dan jelaskan pembagian kromatografi berdasarkan media pemisahannya dan berikan contohnya?
- 2) Jelaskan mengenai aplikasi kromatografi dalam kehidupan sehari-hari!

3 Analisa Spektrofotometer

Capaian Pembelajaran

Mahasiswa mampu mengoperasikan alat spektrofotometer UV-vis.

Mahasiswa mampu menentukan konsentrasi zat warna dalam sampel dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-vis.

3.1 Dasar Teori

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari tentang penentuan jumlah senyawa yang terdapat di dalam suatu sampel dengan cara mengukur secara akurat atau banyaknya cahaya yang diserap atau diemisikan oleh atom-atom atau molekul-molekul yang terdapat di dalam sampel tersebut. Alat spektrofotometer terdiri atas dua bagian, yaitu spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer berfungsi untuk menghasilkan cahaya dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu. Sedangkan fotometer digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi.

Spektrofotometer merupakan alat untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan dengan panjang gelombang tertentu. Spektrofotometri

merupakan pengukuran jauhnya penyerapan energi cahaya oleh suatu sistem kimia itu sebagai fungsi dari panjang gelombang, radiasi, demikian pula pengukuran penyerapan yang menyendiri pada suatu panjang gelombang tertentu. Benda bercahaya seperti matahari atau suatu bohlam listrik memancarkan spektrum yang lebar dan terdiri dari panjang gelombang. Panjang gelombang yang dikaitkan dengan cahaya tampak mampu mempengaruhi selaput pelangi mata manusia dan karenanya menimbulkan kesan subjektif dan ketampakan.

Prinsip dasar spektrofotometri ini adalah apabila suatu sinar melalui senyawa tertentu, maka senyawa tersebut akan menyerap sinar dengan panjang gelombang tertentu. Warna senyawa (larutan) tergantung pada jenis sinar yang dipancarkan yang tertangkap oleh mata kita, sehingga senyawa ada yang berwarna maupun yang tidak berwarna.

3.1.1 Jenis-jenis Spektrofotometer

Spektrofotometri terdiri dari beberapa jenis berdasarkan sumber cahaya yang digunakan diantaranya adalah sebagai berikut:

- **Spektrofotometri Vis (*Visible*)**

Sumber cahaya yang digunakan pada spektrofotometri Vis adalah cahaya tampak (*visible*). Spektrum elektromagnetik termasuk di dalam cahaya tampak yang dapat ditangkap oleh mata manusia. Panjang gelombang dari cahaya tampak terdapat pada kisaran nilai 380-750 nm. Semua jenis cahaya yang berada pada daerah panjang gelombang tersebut dapat berwarna putih, merah, biru, atau hijau, selama dapat dilihat oleh mata manusia maka cahaya tersebut **meupakan** cahaya

tampak (*visible*). Sumber cahaya tampak yang banyak pada alat spektrofotometri Vis adalah lampu Tungsten. Tungsten dikenal juga dengan nama Wolfram. Pada tabel periodik Tungsten merupakan unsur kimia yang dilambangkan dengan simbol W dan memiliki nomor atom 74. Titik didih Tungsten adalah 3422 °C. Karena mempunyai titik didih yang tinggi dibanding logam lainnya, maka logam ini dipilih sebagai sumber lampu pada alat spektrofotometri Vis. Kelemahan dari alat ini hanya dapat menganalisis sampel yang memiliki warna. Sampel yang tidak memiliki warna harus dibuat menjadi berwarna dengan mencampurnya dengan larutan tertentu. Larutan atau reagen tersebut berinteraksi dengan sampel yang terkandung di dalam sampel sehingga senyawa dalam sampel menjadi berwarna. Reagen yang dipakai harus memiliki kemampuan hanya bereaksi dengan dengan alat yang akan dianalisa tanpa menghasilkan senyawa baru. Warna yang dihasilkan karena interaksi senyawa dalam sampel dan reagen harus stabil.

Tabel 3.1. Gelombang cahaya tampak (*visible*).

Warna	Panjang gelombang (nm)
Merah	630 – 750
Merah orange	600 – 630 nm
Orange	590 – 600 nm
Kuning	570 – 590 nm
Kuning hijau	550 – 570 nm
Hijau	510 – 550 nm
Hijau biru	480 – 510 nm
Biru	450 – 480 nm
Biru ungu	420 – 450 nm
Ungu	380 – 420 nm

- **Spektrofotometri UV (Ultraviolet)**

Spektrofotometri UV bekerja berdasarkan interaksi sampel dengan cahaya ultraviolet. Kisaran panjang gelombang cahaya ultraviolet adalah antara 90-380 nm. Pada alat ini sebagai sumber cahaya lampu Deuterium. Deuterium atau dikenal dengan hidrogen berat merupakan salah satu jenis isotop dari hidrogen. Deuterium pada inti atomnya memiliki satu proton dan satu neutron, berbeda dengan inti atom hidrogen yang hanya memiliki satu proton namun tidak memiliki neutron. Cahaya ultraviolet tidak mampu ditangkap oleh mata manusia dan merupakan senyawa yang tidak memiliki warna, transparan atau bening. Berbeda pada alat spektrofotometer Vis, apabila sampel yang dianalisis tidak mempunyai berwarna maka tidak diperlukan penambahan reagen untuk membuat sampel menjadi berwarna. Sampel dapat langsung dianalisis dengan Spektrofotometri UV tanpa preparasi. Hal yang perlu menjadi perhatian adalah sampel yang keruh perlu dibuat menjadi bening dan homogen sempurna untuk menghilangkan partikel koloid atau suspensi. Teknik pemisahan dengan filtrasi atau sentrifugasi dapat digunakan untuk preparasi sampel yang keruh.

- **Spektrofotometri UV-Vis**

Spektrofotometri UV-Vis merupakan alat spektrofotometer yang merupakan gabungan antara spektrofotometri UV dan Visible. Alat ini mempunyai kemampuan untuk menangkap dua jenis cahaya, yaitu cahaya tampak maupun ultra violet. Panjang gelombang

yang mampu ditangkap oleh alat ini adalah antara 200 – 800 nm. Spektrofotometri UV-Vis menggunakan dua jenis sumber cahaya yang berbeda, yaitu sumber cahaya UV dan sumber cahaya tampak (*visible*). Sampel yang akan dianalisis dalam bentuk larutan dengan melakukan pengukuran serapan cahaya ultra violet atau cahaya tampak. Jumlah cahaya yang diserap dari larutan berbanding lurus dengan besarnya konsentrasi suatu senyawa di dalam larutan tersebut. Warna yang diserap oleh senyawa atau larutan alat spektrofotometer UV-Vis adalah warna komplementer dari warna yang ditangkap alat tersebut. Hal tersebut dapat diketahui dari larutan berwarna yang memiliki serapan maksimum pada warna komplementernya. Suatu cahaya berwarna putih atau radiasi yang dilewatkan larutan berwarna maka cahaya diserap secara selektif pada panjang gelombang tertentu. Sedangkan radiasi tidak diserap namun diteruskan.

- **Spektrofotometri Inframerah (IR)**

Spekroskopi inframerah adalah sebuah metode analisis instrumentasi pada suatu senyawa kimia berdasarkan pada penyerapan panjang cahaya inframerah atau *Infra Red*. Cahaya **infra merah** memiliki kisaran panjang gelombang antara 750 nm – 0,1 mm. Cahaya inframerah dikelompokkan menjadi:

- a) Inframerah jarak dekat dengan panjang gelombang **0.75 – 1.5** μm .
- b) Inframerah jarak menengah dengan panjang gelombang **1.50** – 10 μm .

- c) Inframerah jarak jauh dengan panjang gelombang 10 – 100 μm .

Pada alat spektrofotometer, cahaya inframerah yang digunakan adalah infra merah jauh dan menengah yang mempunyai panjang gelombang antara 1,5 – 100 μm . Sumber radiasi cahaya inframerah berasal dari suatu zat padat inert yang dipanaskan sampai suhu 1800 °C. Pemanasan pada suhu tinggi memicu pemancaran cahaya infra merah. Spektroskopi inframerah bisa digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada dalam senyawa, terutama senyawa organik. Serapan pada panjang gelombang dari suatu senyawa tertentu menunjukkan panjang gelombang spesifik atau dikenal dengan *finger print*. Panjang gelombang yang spesifik tersebut menggambarkan adanya suatu gugus fungsi spesifik, misalnya gugus alkohol, ester, karboksilat, aromatik, air atau gugus organik lainnya. Metode spektroskopi inframerah mampu melakukan identifikasi suatu senyawa yang belum diketahui susunannya, karena spektrum yang dihasilkan memiliki bilangan gelombang tertentu yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Analisis menggunakan spektroskopi inframerah banyak digunakan karena dapat dilakukan dengan cepat dan relatif murah. Alat ini juga mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dari suatu senyawa. Spektrum yang dihasilkan memiliki bentuk yang khas dari senyawa yang dianalisis.

3.1.2 Prinsip Kerja Spektrofotometer

Beberapa jenis cahaya terdiri atas spektrum elektromagnetik yang berbeda-beda. Suatu cahaya dapat diabsorpsi oleh suatu atom atau molekul. Cahaya yang diabsorpsi tersebut menunjukkan bilangan gelombang tertentu sehingga dapat menunjukkan

struktur senyawa yang dianalisis. Spektrum elektromagnetik memiliki daerah panjang gelombang yang luas. Panjang gelombang terdiri atas sinar gamma yang mempunyai panjang gelombang pendek tetapi berenergi tinggi hingga gelombang mikro. Tabel 3.2 menunjukkan pembagian jenis-jenis gelombang elektromagnetik.

Tabel 3.2. Pembagian jenis-jenis gelombang elektromagnetik.

Jenis	Panjang gelombang	Interaksi
Sinar gamma	< 10 nm	Emisi Inti
sinar-X	0,01 - 100 Å	Ionisasi Atomik
Ultra ungu (UV) jauh	10-200 nm	Transisi Elektronik
Ultra ungu (UV) dekat	200-400 nm	Transisi Elektronik
sinar tampak (spektrum optik)	400-750 nm	Transisi Elektronik
Inframerah dekat	0,75 - 2,5 µm	Interaksi Ikatan
Inframerah pertengahan	2,5 - 50 µm	Interaksi Ikatan
Inframerah jauh	50 - 1.000 µm	Interaksi Ikatan
Gelombang mikro	0,1 – 100 cm	serapan inti
Gelombang radio	1 - 1.000 meter	Serapan Inti

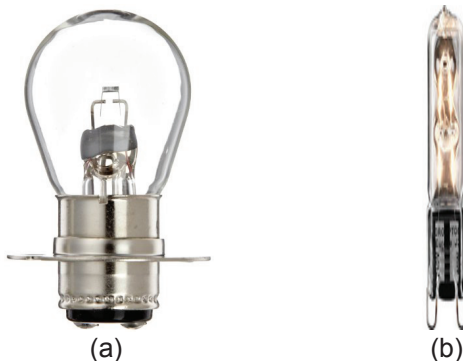
Spektrum absorpsi pada daerah ultra violet dan cahaya tampak terdiri atas satu atau beberapa pita absorpsi yang lebar. Semua molekul senyawa yang dianalisis mampu menyerap radiasi dalam daerah UV sampai cahaya tampak. Molekul tersebut memiliki elektron yang dipakai secara bersama atau tidak. Elektron tersebut dapat dieksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Panjang gelombang pada saat absorpsi cahaya tergantung pada kuatnya elektron terikat di dalam ikatan molekul. Elektron memiliki ikatan yang kuat dalam satu ikatan kovalen dan memiliki radiasi dengan

energi tinggi. Kondisi ini membuat molekul memiliki panjang gelombang yang pendek sehingga diperlukan.

Bagian-bagian spektrofotometer terdiri atas beberapa komponen, yaitu sumber cahaya, monokromator, sel pengabsorpsi dan detektor. Berikut komponen-komponen penting yang menyusun spektrofotometer:

1. Sumber cahaya

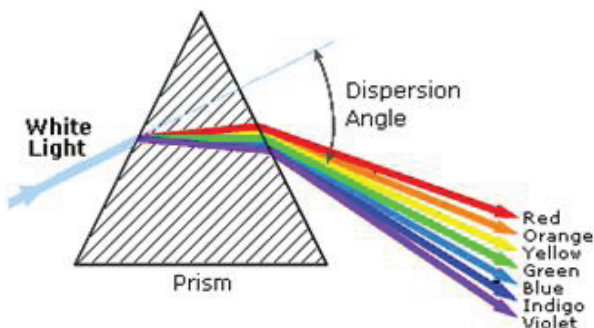
Sumber cahaya yang menghasilkan sinar polikromatis dengan berbagai macam rentang panjang gelombang. Sumber yang biasa digunakan pada spektroskopi absorpsi adalah lampu wolfram (panjang gelombang 320-2500 nm) dan lampu deuterium (panjang gelombang 160-375 nm). Panjang gelombang radiasi yang dibebaskan dari sumber cahaya tidak bervariasi. Tegangan dapat distabilkan dengan transformator karena bila tegangan tidak stabil akan memberikan pengukuran yang berbeda-beda. Gambar 3.1. menunjukkan lampu wolfram dan deuterium.



Gambar 3.1. Sumber cahaya pada alat spektrofotometer: (a) lampu wolfram dan; (b) lampu deuterium.

2. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk menguraikan cahaya. Cahaya yang berasal dari sumber cahaya polikromatis diubah menjadi cahaya monokromatis pada monokromator. Cahaya monokromatis terdiri atas beberapa cahaya yang mempunyai panjang gelombang berbeda-beda. Monokromator berupa alatnya dapat berupa prisma maupun **gratting** yang mampu mendispersikan cahaya polikromatis. Monokromator dapat memisahkan radiasi ke dalam komponen-komponen panjang gelombang dan dapat memisahkan bagian spektrum yang diinginkan dari lainnya. Untuk mengarahkan sinar monokromatis yang diinginkan dari hasil penguraian ini dapat digunakan celah. Gambar 3.2. menunjukkan tentang monokromator pada spektrofotometer.

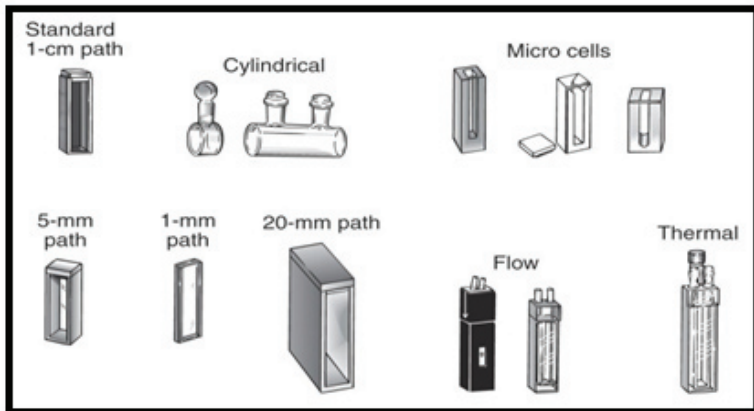


Gambar 3.2. Monokromator.

3. Kuvet

Kuvet adalah suatu alat yang digunakan sebagai wadah sampel cuplikan yang akan dianalisis. Kuvet merupakan

material yang tidak berwarna **aau** bening sehingga dapat mentransmisikan semua cahaya. Permukaan kuvet secara optis harus sejajar, mempunyai struktur yang kuat serta tahan dan tidak bereaksi dengan bahan-bahan kimia. Bentuk kuvet harus sederhana, bukan benda yang mempunyai bentuk geometri yang rumit atau kompleks. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa, kaca, fleksiglass, maupun plastik berbentuk tabung empat persegi dengan ukuran dimensi: panjang 1 cm, lebar 1 cm dan tinggi 5 cm. Pada pengukuran di daerah ultraviolet dipakai kuvet dari bahan kuarsa atau fleksiglass. Kuvet dari kaca tidak dapat dipakai karena kaca mengabsorpsi sinar ultraviolet. Untuk pengukuran di daerah sinar tampak (*visible*) semua macam jenis kuvet dapat dipakai. Bentuk-bentuk kuvet yang sering digunakan pada spektrofotometer ditunjukkan pada Gambar 3.3.



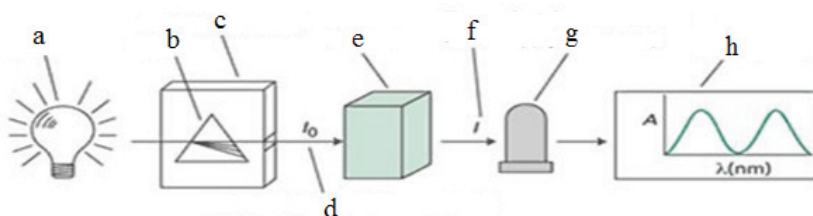
Gambar 3.3. Bentuk-bentuk kuvet

4. Detektor

Detektor berfungsi untuk memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Cahaya yang diteruskan oleh sampel kemudian diubah menjadi sinyal listrik oleh detektor. Selanjutnya sinyal listrik yang akan ditampilkan oleh layar atau monitor data dalam bentuk jarum penunjuk atau angka digital. Detektor yang baik harus memiliki kepekaan yang tinggi. Kemampuan reduksi yang tinggi untuk mengurangi bising dari isyarat atau isyarat yang dihasilkan sampel. Respon konstan pada berbagai panjang gelombang juga harus dimiliki oleh **detector** yang baik. Waktu respon dari detektor harus cepat dan memberikan signal minimum tanpa radiasi. Detektor juga mampu menghasilkan sinyal listrik yang sebanding dengan tenaga radiasi.

Komponen-komponen utama penyusun spektrofotometer disajikan pada Gambar 3.4. Gambar 3.4 menunjukkan bahwa cahaya yang berasal dari sumber spektrum yang bersifat polikromatis **di teruskan** menuju ke monokromator yang di dalamnya terdapat prisma dan filter cahaya. Cahaya polikromatis kemudian diubah oleh monokromator menjadi cahaya monokromatis. Berkas-berkas cahaya monokromatis dengan panjang gelombang tertentu selanjutnya dilewatkan pada sampel yang mengandung suatu cuplikan dengan konsentrasi tertentu. Cahaya-cahaya tersebut ada yang diserap (diabsorpsi) dan beberapa dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini kemudian diterima oleh detektor. Cahaya yang diterima detektor dan dihitung panjang gelombangnya untuk mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel. Cahaya

yang diserap berbanding lurus dengan konsentrasi zat yang terkandung dalam cuplikan. Dengan demikian akan diketahui konsentrasi zat dalam cuplikan secara kuantitatif.



Gambar 3.4. Komponen-komponen penyusun spektrofotometer: (a) sumber cahaya, (b) prisma, (c) monokromator, (d) cahaya monokromatis, (e) sampel, (f) cahaya yang ditransmisikan, (g) detektor cahaya, (h) perekam atau komputer.

Hukum yang mendasari prinsip kerja spektrofotometri adalah hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa jika suatu berkas radiasi monokromatik yang sejajar jatuh pada medium pengabsorbansi pada sudut tegak lurus setiap lapisan yang sangat kecil akan menurunkan intensitas berkas. Suatu cahaya monokromatis mengenai suatu medium yang transparan laju pengurangan intensitas dengan ketebalan medium sebanding dengan intensitas cahaya. Intensitas berkas cahaya monokromatis berkurang secara eksponensial bila konsentrasi zat pengabsorbansi bertambah. Hukum Lambert-Beer dinyatakan dalam rumus:

$$A = a \cdot b \cdot c \text{ atau } A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad (3.1)$$

di mana :

- A = absorban
- a atau ϵ = absorptivitas molar
- b = tebal kuvet (cm)
- c = konsentrasi

Apabila sinar baik polikromatis **maupm** monokromatis mengenai suatu media maka intensitas akan berkurang. Berkurangnya intensitas sinar terjadi karena adanya serapan oleh media tersebut dan sebagian kecil dipantulkan atau dihamburkan. Dalam percobaan ini, intensitas sinar setelah ditentukan dengan membandingkan intensitas tanpa adanya serapan dengan yang ada serapannya. Larutan yang tidak menyerap dinamakan larutan blangko yaitu pelarut sebelum ditambahkan kompleks berwarna. Dengan blangko ini intensitas yang diukur ialah intensitas yang mula-mula dikurangi hilangnya intensitas karena pantulan dan hamburan. Apabila larutan blangko diganti dengan larutan yang akan diselidiki maka intensitas mula-mula adalah intensitas yang akan dikoreksi. Untuk **mendapatkan** hasil yang sempurna, sinar yang digunakan haruslah sinar monokromatis dan dipilih yang **benar - benar** diserap oleh larutan yang akan diselidiki. Pemilihan panjang gelombang pada larutan adalah yang mempunyai serapan maksimum. Untuk larutan yang mempunyai lebih dari satu serapan maksimum dipilih panjang gelombang yang sesuai dengan daerah konsentrasi.

Analisis dengan menggunakan metode memiliki beberapa keuntungan, antara lain memberikan cara yang sederhana untuk menganalisis suatu sampel dengan jumlah yang sedikit. Data hasil analisis yang diperoleh langsung dicatat oleh detektor dan cukup akurat. Hasil analisis dapat langsung tercetak dalam bentuk angka digital ataupun **grafik**, Data-data yang diperoleh dapat langsung **dinterpetasikan**.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk praktikum ini adalah spektrofotometer UV Vis. Sedangkan bahan yang dipakai adalah larutan K_2CrO_4

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Membuat grafik standar

1. Buatlah lima larutan K_2CrO_4 masing-masing sebanyak 10 ml, dengan konsentrasi 2×10^{-4} , 4×10^{-4} , 6×10^{-4} , 10×10^{-4} dan larutan blanko masing-masing berilah tanda dengan nomor 1, 2, 3, 4, dan 5.
2. Sambil mempersiapkan larutan-larutan diatas, hidupkan alat spektrofotometer dan biarkan kurang lebih 10 menit untuk pemanasan.
3. Setelah kurang lebih 10 menit aturlah jarum penunjuk skala abasorbansi (A) pada \sim atau prosentase transmitansi (% T) pada angka 0 (nol) untuk panjang gelombang serapan maksimum 465 mn (manometer).
4. Masukkan masing - masing larutan yang saudara buat kedalam kuvet sebanyak 3/4 tinggi kuvet (x 6 ml). Untuk ini sebaiknya digunakan mikroburet stan mikropipet
5. Masukkan kuvet ke dalam spektrofotometer dan catat absorbansinya bawah. Setiap pengamatan larutan harus di cek dengan larutan blanko.
6. Buat grafik antara absorbansi (A) vs konsentrasi larutan. Grafik ini digunakan sebagai standar untuk menentukan konsentrasi pada langkah berikutnya

3.3.2 Menentukan konsentrasi larutan berwarna

- Buat larutan cuplikan seperti prosedur di atas.
- Masukkan larutan yang saudara buat ke dalam kuvet sebanyak $\frac{3}{4}$ tinggi kuvet (6 ml).
- Masukkan kuvet kedalam spektrofotometer dan catat absorbansinya Setiap pengamatan larutan dicek dengan larutan blanko.
- Perkirakan konsentrasi larutan dengan menggunakan grafik standar yang telah dibuat.

3.4 Pengolahan Data

Perubahan absorbansi pada konsentrasi yang berbeda-beda, jika mengikuti hukum Beer akan terlihat pada grafik dengan garis lurus melalui titik pusat. Hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan dinyatakan dalam suatu persamaan seperti berikut:

$$\text{Log } \frac{I_0}{I_t} = \epsilon \cdot b \cdot c \quad (3.2)$$

Dimana:

- I_0 : Intensitas sinar **mula - mula**
- I_t : Intensitas sinar setelah melalui media
- ϵ : koefisien serapan molar
- b : tebal media yang dilalui sinar
- c : konsentrasi larutan

Pada saat pemakaian spektrofotometer untuk menentukan konsentrasi suatu sampel, ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kesalahan, yaitu:

1. Terjadinya serapan oleh pelarut.

Keadaan ini dapat diatasi dengan pemakaian larutan blangko. Larutan adalah larutan kandungannya berisi komponen selain yang akan dianalisis. Larutan blangko sebaiknya tidak mengandung zat pembentuk warna.

2. Serapan oleh kuvet.

Bahan material untuk kuvet biasanya kuarsa atau gelas yang tidak ada interaksi dengan sampel **cuplikn**. Kuvet yang terbuat dari kuarsa memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan bahan lain.

3. Terjadi kesalahan fotometrik normal pada pengukuran dengan absorbansi sangat rendah atau sangat tinggi.

Masalah ini dapat diatasi dengan pengaturan konsentrasi yang sesuai dengan kisaran sensitivitas dari alat yang digunakan. Pengaturan **konsentrai** dapat dilakukan melalui pengenceran atau pemekatan.

Penyerapan radiasi dengan panjang gelombang tertentu dari cahaya putih dilewatkan melalui larutan berwarna terjadi secara selektif dan radiasi cahaya lainnya akan diteruskan. Larutan dengan warna yang berlawanan dengan warna yang diamati akan memberikan absorbansi maksimum. Misalnya larutan yang berwarna hijau akan menyerap radiasi maksimum pada daerah warna merah. Jadi warna yang diserap adalah warna komplementer dari warna yang diamati.

Tabel 3.3. Spektrum cahaya tampak dan warna-warna komplementer.

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400-435	Violet	Kuning-Hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Oranye
490-500	Biru – Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning – hijau	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-610	Oranye	Hijau - biru
610-750	Merah	Biru-Hijau

3.5 Soal

- 1) Sebutkan dan jelaskan mengenai bagian-bagian yang terdapat pada alat **spketrofotometer!**
- 2) Sebutkan dan jelaskan faktor-faktor apa sajakah yang dapat menyebabkan terjadinya kesalahan pada saat pemakaian spektrofotometer untuk menentukan konsentrasi suatu sampel!
- 3) Apabila terdapat data percobaan

Konsentrasi Larutan (M)	2 x 10 ³	4 x 10 ³	6 x 10 ³	8 x 10 ³	10 x 10 ³
Absorbansi	0,025	0,050	0,072	0,050	0,120

Buatlah grafiknya dan tentukan konsentrasi larutan berwarna yang mempunyai absorbansi: 0,06; 0,08 dan 0,10.

4 Analisa Minyak Bahan Industri

Capaian Pembelajaran

Mahasiswa mengetahui kandungan atsiri dari bahan-bahan alam.

Mahasiswa mampu melakukan analisis minyak dalam bahan-bahan alam.

4.1 Dasar Teori

Minyak atsiri dikenal dengan nama minyak eteris atau minyak terbang, atau sering pula disebut minyak *essential*. Minyak atsiri merupakan salah satu jenis senyawa organik yang berasal dari tumbuhan. Beberapa sifat minyak atsiri adalah mempunyai titik didih rendah, mudah menguap, memiliki bau seperti tanaman **asalanya** dan mempunyai rasa yang khas. Minyak atsiri umumnya larut dalam pelarut organik. Dalam keadaan murni minyak atsiri tidak berwarna atau kekuning-kuningan. Jika disimpan dalam waktu yang lama minyak atsiri dapat teroksidasi warnanya berubah menjadi lebih gelap. Minyak atsiri dapat diperoleh dari berbagai bagian tanaman seperti biji, buah, bunga, daun, kulit batang, akar, dan rimpang. Minyak atsiri banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk industri kosmetik sebagai parfum, bahan wangi-wangian (*fragrances*), aroma (*flavor*), farmasi, dan aromaterapi.

Masyarakat di Indonesia telah mengenal tanaman penghasil minyak atsiri sejak lama. Tanaman tersebut telah menjadi bahan yang sangat penting untuk kehidupan sehari-hari. Berbagai macam tanaman tersebut tumbuh secara liar tanpa perlu dilakukan budidaya. Beberapa daerah di Indonesia menyimpan potensi yang besar untuk menghasilkan minyak atsiri apabila dibudidayakan dengan sungguh-sungguh. Ada beberapa jenis tanaman atsiri yang dapat dibudidayakan secara besar-besaran karena memiliki kapasitas produksi yang besar dan telah dikenal di pasar di dunia. Beberapa jenis tanaman ini adalah akar wangi, nilam, sereh, pala dan cengkeh.

Cara yang selama ini dikenal untuk melakukan proses produksi minyak atsiri adalah:

1) Pengempaan (*pressing*)

Pada proses produksi ini bahan baku dilakukan pengepresan dengan menggunakan alat tekan hidrolik. Bahan baku akan mengeluarkan cairan yang apabila dimurnikan akan diperoleh minyak atsiri.

2) Ekstraksi menggunakan pelarut (*solvent extraction*)

Produksi minyak atsiri dengan cara ekstraksi dilakukan untuk jenis minyak atsiri yang mudah rusak dan kurang stabil. Proses ekstraksi dijalankan dengan menambahkan pelarut yang berfungsi untuk mengambil minyak atsiri dari bahan baku.

3) Penyulingan (*distillation*)

Metode ini paling banyak digunakan guna memperoleh minyak atsiri. Penyulingan dilakukan dengan cara memasak bahan baku dalam ketel penyuling. Ketel penyuling dihubungkan dengan penghasil uap dari ketel pendidih air

(*boiler*). Uap hasil penguapan di boiler kemudian digunakan untuk mendidihkan bahan baku di dalam ketel penyuling. Uap akan mengambil minyak atsiri yang ada di dalam bahan baku karena pengaruh panas yang dibawanya.

Minyak atsiri merupakan andalan Indonesia untuk mendapatkan devisa karena merupakan salah satu komoditas ekspor **agroindustri** potensial. Beberapa Negara yang menjadi tujuan ekspor adalah Eropa, Amerika Serikat Australia, Cina, India Afrika, Cina, dan Negara-negara ASEAN. Minyak nilam merupakan salah satu produk unggulan. Jenis minyak ini memberikan pangsa pasar lebih dari 90% kebutuhan dunia atau sekitar 35-40% dari total nilai ekspor minyak atsiri. Sedangkan minyak cengkeh dan turunannya yang diekspor telah menyediakan permintaan hingga lebih dari 70% dari kebutuhan dunia. Untuk minyak pala lebih dari 90% dari kebutuhan dunia dipenuhi dari Indonesia. Beberapa jenis minyak atsiri yang juga berperan penting di pasar dunia antara lain: minyak akar wangi, minyak sereh wangi, minyak kenanga, minyak jahe, minyak adas, minyak kayu putih, minyak cendana, minyak bunga kamboja, minyak gaharu, dan lain-lain.

Sifat minyak atsiri yang membedakan minyak atsiri dengan minyak lemak antara lain:

- Dapat didistilasi.
- Tidak meninggalkan noda.
- Tidak tersabunkan.
- Tidak tengik.
- Tidak mengandung asam.

4.1.1 Komposisi Kimia Minyak Atsiri

Minyak atsiri memiliki kandungan yang terdiri atas berbagai jenis senyawa kimia organik yang tersusun dari unsur Karbon (C), Hidrogen (H), dan oksigen (O). Komposisi yang menyusun minyak atsiri dipengaruhi oleh jenis tanaman, kondisi cuaca, tanah tempat budi daya, umur tumbuhan, metode pengambilan dan cara penyimpanan. Secara umum minyak atsiri dapat digolongkan menjadi dua golongan berdasarkan komponen kimianya yaitu:

1) Golongan hidrokarbon

Golongan ini merupakan senyawa yang sebagian besar mengandung unsur Karbon (C) dan Hidrogen (H). Jenis hidrokarbon yang terdapat dalam minyak atsiri antara lain adalah: monoterpen, sesquiterpen, isopren, diterpen dan politerpen. Adanya berbagai jenis golongan hidrokarbon tersebut akan menentukan bau dan sifat khas dari minyak atsiri. Misalnya minyak atsiri dari getah kulit pohon pinus banyak mengandung monoterpen yang disebut pinene, citronellal banyak terkandung pada minyak atsiri dari serih sedangkan minyak jeruk mayoritas mengandung limonene.

2) Golongan hidrokarbon teroksigenasi

Komponen kimia dari golongan persenyawaan ini terbentuk dari unsur Karbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O). Persenyawaan yang terbentuk dalam golongan ini adalah persenyawaan alkohol, aldehyd, keton, oksida, ester dan ether. Ikatan atom karbon yang terdapat dalam molekulnya dapat terdiri dari ikatan jenuh dan ikatan tidak jenuh. Persenyawaan yang mengandung ikatan tidak jenuh umumnya tersusun dari

terpene. Terpen mengandung ikatan tunggal dan ikatan rangkap dua. Senyawa terpen memiliki aroma kurang wangi, sukar larut dalam alkohol encer dan jika disimpan dalam waktu lama akan membentuk resin. Golongan hidrokarbon teroksigenasi merupakan senyawa yang penting dalam minyak atsiri karena umumnya aroma yang lebih wangi. Persenyawaan hidrokarbon teroksigenasi mempunyai nilai kelarutan yang tinggi dalam alkohol encer (kecuali beberapa senyawa golongan aldehida), serta lebih tahan dan stabil terhadap proses oksidasi.

4.1.2 Tanaman Sumber Minyak Atsiri dan Kegunaannya

Indonesia yang memiliki berbagai jenis tanaman penghasil minyak atsiri baik yang dibudidayakan maupun yang tumbuh secara liar. Tabel 4.1. menunjukkan jenis-jenis dan kegunaannya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Tanaman penghasil minyak atsiri kegunaannya.

No.	Nama Minyak	Nama Dagang	Nama Tanaman	Kegunaan
1.	Adas	Fennel Oil	<i>Foenicullum vulgare</i>	flavor, rempah, sabun, krim, parfum, pengobatan, kosmetik
2.	Akar wangi	Vetiver Oil	<i>Vetiveria zizanoides</i>	parfum, sabun, kosmetik, sebagai fiksatif
3.	Bangle	Bangle Oil	<i>Zingiber cassumunar</i>	farmasi
4.	Cendana	Sandalwood Oil	<i>Santalum album</i>	antibakteri, antiseptik, desinfektan, ekspektoran, sedatif, stimulan, dan refrigeran.

No.	Nama Minyak	Nama Dagang	Nama Tanaman	Kegunaan
5.	Cengkeh	Clove Oil	<i>Syzygium aromaticum</i>	flavor, antibiotik
6.	Gaharu	Agarwood Oil	<i>Aquilaria sp.</i>	parfum, kosmetika, dan obat-obatan
7.	Gandapura	Wintergreen Oil	<i>Gaultheria fragrantissima</i>	parfum, obat-obatan, flavor
8.	Jahe	Ginger Oil	<i>Zingiber officinale</i>	pengobatan tradisional, penyedap makanan (flavor)
9.	Jeringau	Calamus Oil	<i>Acarus calamus</i>	farmasi, kosmetik, aromaterapi
10.	Jeruk Limau	-	-	Parfum, Aromaterapi, Kosmetik
11.	Jeruk Purut	Lime Oil	<i>Citrus hystrix</i>	makanan, parfum, farmasi, aromaterapi
12.	Kapolaga	Cardamon Oil	<i>Elletaria cardamomum</i>	farmasi
13.	Kayu Manis	Cinnamon Bark Oil	<i>Cinnamomum casea</i>	penyedap rasa, flavor
14.	Kayu Putih	Cajuput Oil	<i>Melaleuca leucadendron</i>	obat gosok, farmasi
15.	Kemangi	Basil Oil	<i>Ocimum grattisimum</i>	farmasi, makanan, pestisida nabati
16.	Kemukus	Cubeb Oil	<i>Piper cubeba L.</i>	flavor saus, minuman beralkohol, fragrance pada sabun, detergen, krim, parfum, obat radang, bronchitis, asma
17.	Kenanga	Cananga Oil	<i>Canangium odoratum</i>	aromaterapi, parfum, kosmetik
18.	Ketumbar	Coriander Oil	<i>Coriandrum sativum</i>	makanan, farmasi

No.	Nama Minyak	Nama Dagang	Nama Tanaman	Kegunaan
19.	Klausena	Clausena/ Anis Oil	<i>Clausena anisata</i>	Farmasi, Minuman, Parfum, Rokok, Permen Karet, Pasta Gigi
20.	Kunyit	Curcuma Oil	<i>Curcuma domestica</i>	Flavour, Farmasi
21.	Lada	Black Pepper Oil	<i>Piper nigrum</i>	Flavor pada produk Makanan & Minuman, Antimikroba
22.	Lawang	-	<i>Lawang</i>	Farmasi, Obat gosok, minyak angin
23.	Masoi	Massoi Oil	<i>Criptocaria massoia</i>	Penguat rasa makanan
24.	Melati	Jasmine Oil	<i>Jasminum sambac</i>	Parfum, Aromaterapi, Kosmetik
25.	Nilam	Patchouli Oil	<i>Pogostemon cablin Benth</i>	Parfum
26.	Pala	Nutmeg Oil	<i>Myristica fragrans Houtt</i>	Penguat rasa makanan, Rokok
27.	Palmarosa	Palmarosa Oil	<i>Cymbopogon martini</i>	Farmasi
28.	Permen	Cormint Oil	<i>Mentha arvensis</i>	Flavor, Parfum, Pasta gigi, Permen
29.	Rosemari	Rosemari Oil	<i>Rosmarinus officinale</i>	Farmasi
30.	Selasih Mekah	Basil Oil (Eugenol type)	<i>Ocimum grattisimum</i>	Farmasi, Makanan
31.	Sereh Dapur	Lemongrass Oil	<i>Cymbopogon citratus</i>	Makanan, Farmasi
32.	Sereh Wangi	Citronella Oil	<i>Cymbopogon nardus</i>	Flavor, Parfum, Sabun

No.	Nama Minyak	Nama Dagang	Nama Tanaman	Kegunaan
33.	Sirih	-	-	Kosmetik, Campuran Bahan Pelarut, Minyak Cat, Antiseptik, Kamper, dan Farmasi
34.	Surawung Pohon	Native Myrthle Oil	<i>Backousia citriodora</i>	Farmasi
35.	Temulawak	Curcuma Oil	<i>Curcuma xanthorizza</i>	Farmasi, Minuman
36.	Terpentin	Terpentin Oil	<i>Pinus merkusii</i>	Kosmetik, Campuran Bahan Pelarut, Minyak Cat, Antiseptik, Kamper, dan Farmasi
37.	Ylang-ylang	Ylang-ylang Oil	<i>Canangium odoratum</i>	Bahan dasar parfum

4.1.3 Metode Pengambilan Minyak Atsiri

Ada dua cara pengambilan minyak nabati dari suatu bahan yang diduga mengandung minyak yaitu ekstraksi dan *mechanical expression*.

1) Ekstraksi

Adapun cara ekstraksi ada dua cara yaitu rendering dan *solvent extraction*.

- *Rendering*

Rendering merupakan suatu cara ekstraksi minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak dengan kadar air yang tinggi. Pada semua cara rendering, penggunaan panas adalah suatu hal yang spesifik yang bertujuan untuk menggumpalkan

protein pada dinding sel bahan dan untuk memecahkan dinding sel tersebut sehingga mudah ditembus oleh minyak atau lemak yang terkandung di dalamnya. Menurut pengerjaannya, rendering dibagi menjadi dua cara, yaitu :

- *Dry Rendering*

Dry rendering adalah cara rendering tanpa penambahan air selama proses berlangsung. Cara ini dilakukan dalam ketel yang terbuka dan dilengkapi dengan **steam jacket** serta alat pengaduk (**agitator**). Bahan yang diperkirakan mengandung minyak atau lemak dimasukkan ke dalam ketel tanpa penambahan air. Bahan dipanasi sambil diaduk. Pemanasan dilakukan pada suhu 220 sampai 230 °F (105 – 110 ° C). Ampas bahan yang telah diambil minyaknya akan diendapkan pada dasar ketel. Minyak atau lemak dipisahkan dari ampas yang telah mengendap dan pengambilan minyak dari bagian atas ketel.

- *Wet Rendering*

Wet rendering adalah proses rendering dengan penambahan sejumlah air selama berlangsungnya proses tersebut. Cara ini dilakukan pada ketel yang terbuka atau tertutup dengan menggunakan temperatur yang tinggi serta tekanan uap 40 – 60 psi. **bahan** yang akan diekstraksi ditempatkan pada ketel yang dilengkapi alat pengaduk, kemudian air ditambahkan dan campuran dipanaskan perlahan-lahan sampai suhu 50 °C sambil diaduk. Minyak

yang terekstraksi akan naik ke atas dan kemudian dipisahkan. Proses ini yang menggunakan temperatur tinggi dan tekanan uap digunakan untuk untuk menghasilkan minyak atau lemak dalam jumlah yang besar. Air dan bahan yang akan diekstraksi dimasukkan ke dalam digester selama 4 sampai 6 jam.

- *Solvent extraction*

Prinsip dari proses ini adalah ekstraksi dengan melarutkan minyak dalam pelarut minyak atau lemak. Pada cara ini dihasilkan bungkil/ampas dengan kadar minyak yang rendah yaitu sekitar 1% atau lebih rendah dan mutu minyak kasar yang dihasilkan cenderung menyerupai hasil cara pengepresan mekanis karena sebagian fraksi bukan minyak akan ikut terekstraksi.

2) ***Mechanical expression (Pengepresan Mekanis)***

Pengepresan mekanis merupakan suatu cara pengambilan minyak atau lemak terutama untuk bahan yang berasal dari biji-bijian. Cara ini dilakukan untuk memisahkan minyak dari bahan yang berkadar minyak tinggi (30 – 70%). Pada cara ini diperlukan perlakuan pendahuluan sebelum minyak atau lemak dipisahkan dari bijinya yang mencakup pembuatan serpihan, perajangan, dan penggilingan atau pemasakan.

4.1.4 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan suatu komponen dari bahan padat maupun cair dengan menggunakan tambahan pelarut. Pelarut yang digunakan dapat merupakan pelarut polar

maupun non polar. Ekstraksi melibatkan proses perpindahan massa dari suatu fase ke fase yang lain. Pelarut yang digunakan harus dapat mengambil komponen yang diinginkan tanpa melarutkan komponen yang lain. Ekstraksi dengan pelarut didasarkan pada kelarutan komponen terhadap komponen lain dalam campuran.

Ekstraksi merupakan metode pemisahan yang didasarkan atas perbedaan kelarutan suatu komponen zat terlarut atau solute dalam pelarut. Hidrodinamika ekstraksi merupakan faktor penting yang menentukan besarnya solut yang diperoleh diekstrak karena hidrodinamika mempengaruhi luas perpindahan massa yaitu luas gelembung yang berada dalam kolom. Dalam ekstraksi, zat yang didispersikan sebagai gelembung disebut fasa kontinu.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ekstraksi diantaranya sebagai berikut:

- Suhu Reaksi
Kenaikan suhu akan menyebabkan kenaikan kelarutan minyak ke dalam **zatpelarutnya**. Tetapi pada suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan kerusakan bahan, dan minyak yang dihasilkan menjadi berwarna gelap.
- Waktu Ekstraksi
Waktu yang lebih lama akan menyebabkan minyak yang dihasilkan lebih banyak, karena kontak yang terjadi antara bahan dan pelarut lama.
- Jenis Pelarut
Jenis pelarut sangat mempengaruhi mutu minyak yang dihasilkan. Semakin bagus mutu minyak maka minyak akan semakin banyak.

- Pengadukan
Dengan adanya putaran akan mempengaruhi sifat saling melarutkan dan akan memperbesar bidang tumbukan menjadi semakin luas (reaksi berjalan cepat).
- Ukuran Bahan
Semakin kecil ukuran bahan akan memperbesar luas kontak antara bahan dan pelarut. Menyebabkan minyak yang terambil semakin banyak.
- Perbandingan antara berat bahan dengan volume pelarut.
Perbandingan ini akan mempengaruhi jumlah minyak yang dihasilkan.

4.1.5 Jenis-Jenis Ekstraksi

Maserasi

Maserasi berasal dari kata *macerace* yang berarti mengairi atau melunakkan. Maserasi adalah salah satu metode pengambilan zat aktif dengan cara perendaman bahan padatan ke dalam cairan pelarut (*solvent*). Bahan padatan yang akan diambil zat aktifnya dihaluskan dengan cara dipotong-potong atau ditumbuk sampai ukuran yang kecil atau berupa serbuk kasar disatukan dengan cairan pelarut. Proses maserasi dilakukan dengan waktu yang bervariasi, bisa dalam hitungan jam atau sampai hari. Proses maserasi disertai dengan pengadukan untuk mempercepat proses perpindahan massa. Pengambilan zat aktif dilakukan dengan cara mencampurkan bahan padatan ke dalam cairan pelarut. Pencampuran dilakukan pada suhu kamar dengan disertai pengadukan. Pelarut akan masuk ke dalam internal pori padatan. Zat aktif pada internal pori padatan kemudian berpindah ke pelarut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan

di internal pori dengan di luar pori. Larutan yang konsentrasi zat aktifnya tinggi akan keluar dari padatan. Proses keluarnya zat aktif dari internal pori padatan dan terlarut ke cairan pelarut dikenal dengan proses difusi. Peristiwa tersebut dilakukan berkali-kali sampai tercapai keadaan seimbang. Kondisi seimbang tercapai pada saat konsentrasi antara larutan di luar padatan dan di internal padatan. Selama proses maserasi dilakukan pengadukan dan setiap waktu tertentu dilakukan penggantian cairan pelarut. Filtrat yang diperoleh kemudian dipekatkan dengan penguapan cairan pelarut. Gambar 4.1. menunjukkan metode ekstraksi dengan maserasi.



Gambar 4.1. Metode ekstraksi dengan maserasi.

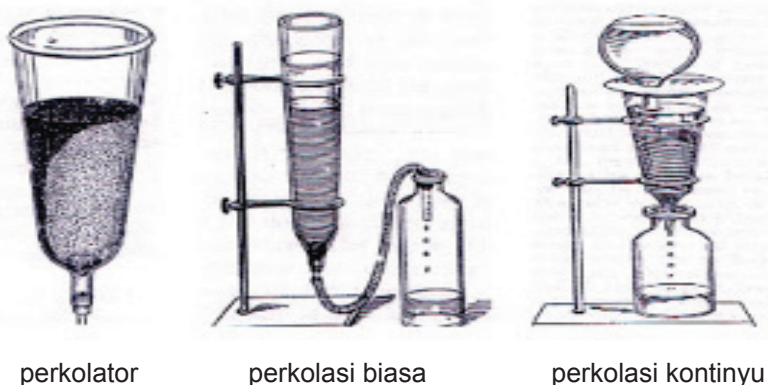
Metode maserasi sering digunakan untuk mengambil zat aktif yang mengandung komponen yang mudah larut dalam cairan pelarut. Setelah selesai waktu maserasi terjadi keseimbangan antara bahan yang diekstraksi pada bagian dalam padatan dengan yang masuk ke dalam cairan, telah tercapai maka proses difusi segera berakhir. Upaya ini dapat menjamin keseimbangan konsentrasi bahan ekstraktif yang lebih cepat di dalam cairan, keadaan diam selama maserasi menyebabkan turunnya perpindahan bahan aktif secara teoritis pada suatu maserasi tidak memungkinkan terjadinya ekstraksi absolut.

Peralatan yang digunakan pada metode ini relatif sederhana. Waktu yang diperlukan untuk proses ekstraksi pada maserasi cukup lama. Jumlah cairan pelarut yang dipakai lebih banyak dibandingkan dengan metode ekstraksi yang lain. Metode ini tidak dapat diaplikasikan untuk jenis bahan baku yang mempunyai tekstur keras.

Perkolasi

Perkolasi adalah cara pengambilan zat aktif dari bahan padat dengan mengalirkan cairan pelarut melalui bahan padatan yang telah dibasahi sebelumnya. Pada metode ini cairan pelarut yang mengalir diantara tumpukan bahan padat akan menyebabkan adanya pergantian cairan pelarut. Cairan pengganti dengan memiliki konsentrasi zat aktif rendah, sehingga meningkatkan perbedaan konsentrasi di dalam dan di luar bahan padat. Ruang di antara bahan padatan membentuk saluran tempat di mana cairan pelarut mengalir karena saluran kapiler tersebut mempunyai ukuran kecil. Dengan demikian kecepatan pelarut

dapat mengurangi tahanan pada lapisan batas, sehingga meningkatkan perbedaan konsentrasi. Beberapa faktor yang berpengaruh pada metode perkolasi adalah rapat massa, kekentalan, kelarutan, tegangan permukaan, kecepatan difusi, daya kapiler dan gaya geser. Metode perkolasi tidak memerlukan langkah tambahan karena ekstrak zat aktif terpisah dari bahan padat. Namun demikian kontak antara bahan padat tidak merata dan hanya terbatas dibandingkan dengan metode refluks. Selama proses, suhu cairan pelarut akan turun sehingga tidak melarutkan komponen secara efisien. Metode ekstraksi dengan perkolasi ditunjukkan seperti dalam Gambar 4.2.

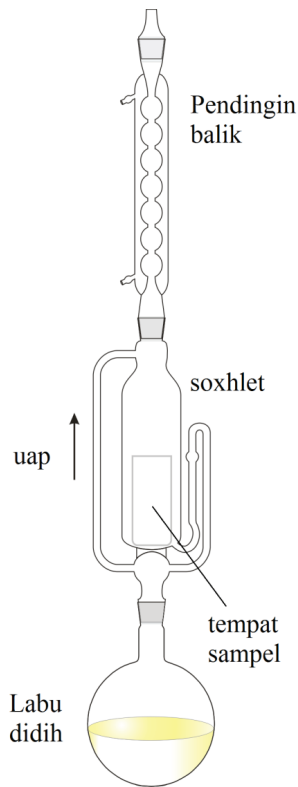


Gambar 4.2. Metode ekstraksi dengan perkolasi

Soxhletasi

Soxhletasi adalah proses pemisahan suatu komponen yang terkandung dalam padatan dengan cara melakukan kontak secara berulang-ulang dengan menggunakan pelarut tertentu, sehingga semua komponen yang diinginkan akan terambil. Padatan

ditempatkan dalam suatu tempat yang khusus yang disebut sifon, atau dapat juga dibungkus dengan kertas saring. Cairan pelarut ditempatkan di dalam labu didih yang dihubungkan dengan tabung soxhlet. Cairan pelarut yang dipanaskan akan menguap dan diembunkan oleh kondensator yang dipasang pada bagian atas soxhlet. Cairan yang terembunkan jatuh ke dalam sifon yang berisi padatan. Cairan tersebut melarutkan komponen yang ada dalam padatan. Jika ketinggian cairan pelarut telah mencapai permukaan batas, maka terjadi *overflow* di mana seluruh cairan akan turun kembali ke labu didih melalui pipa kapiler. Proses ini terjadi secara berulang-ulang atau terjadi sirkulasi. Proses ekstraksi dianggap telah selesai jika cairan pelarut yang berada di dalam sifon tidak berwarna. Kondisi tercapai saat sirkulasi telah mencapai 20-25 kali. Lebih lanjut untuk pengecekan dapat dilakukan analisis menggunakan Kromatogram Lapis Tipis (KLT), yang ditandai dengan tidak tampak adanya noda. Ekstrak yang diperoleh selanjutnya dipekatkan dengan melakukan distilasi. Gambar 4.3 menunjukkan alat ekstraksi soxhlet.



Gambar 4.3. Alat Ekstraksi Soxhlet.

Ekstraksi soxhletasi banyak dipakai mengambil komponen aktif dari bahan padat dengan tekstur yang lunak. Bahan padat yang diproses biasanya tidak tahan terhadap pemanasan secara langsung. Pada metode ini pelarut yang digunakan relatif sedikit, karena terjadi penguapan dan sirkulasi cairan pelarut. Kecepatan pemanasan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Namun demikian **ekstrak** yang terkumpul pada labu didih dapat terjadi reaksi peruraian karena terjadi kontak terus-menerus

dengan cairan pelarut yang panas. Jumlah komponen yang terambil melampaui harga kelarutannya dalam pelarut tertentu sehingga dapat terjadi endapan dalam labu didih. Jika hal ini terjadi maka dibutuhkan volume pelarut yang lebih banyak untuk melarutkannya. Metode soxhletasi jika dilakukan dalam kapasitas besar tidak sesuai menggunakan pelarut dengan titik didih rendah. Hal ini disebabkan labu didih dan soxhlet harus berada pada suhu didih pelarut untuk sirkulasi uap pelarut yang efektif. Metode ini terbatas hanya untuk ekstraksi yang memakai pelarut murni atau campuran azeotropik. Pelarut campuran tidak dapat digunakan untuk metode ini, karena uapnya akan mempunyai komposisi yang berbeda dalam labu didih.

Refluks

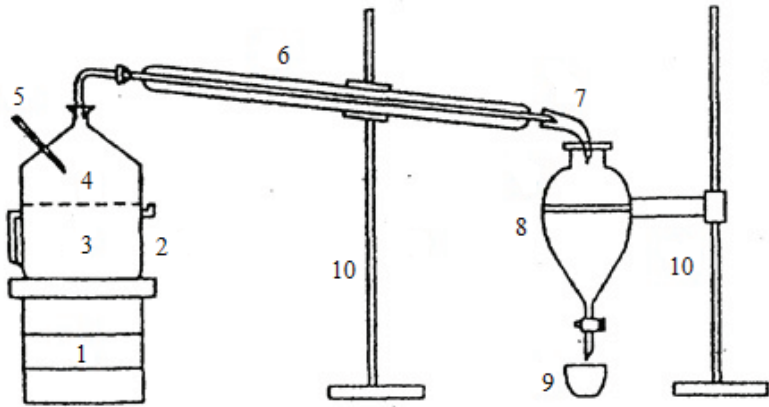
Pada metode **ekstraksi** dengan cara refluks, pengambilan zat kimia aktif yang dilakukan dengan mencampurkan bahan padat ke dalam labu didih yang berisi cairan pelarut. Campuran dalam labu didih lalu dipanaskan sampai mencapai titik didih cairan pelarut. Uap pelarut yang naik dilewatkan ke dalam kondensor, selanjutnya uap pelarut akan terkondensasi pada kondensor dan akan turun kembali ke labu didih. Cairan pelarut akan mengekstrak kembali bahan padat yang berada pada labu didih. Proses ini berlangsung secara terus-menerus sampai proses berjalan sempurna. Untuk efektivitas proses ekstraksi penggantian cairan pelarut dilakukan sebanyak 3 kali setiap waktu tertentu. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dipekatkan dengan cara penguapan. Metode refluks dapat digunakan untuk mengekstraksi sampel-sampel yang mempunyai tekstur kasar dan tahan pemanasan langsung. Namun demikian proses ini membutuhkan jumlah pelarut yang banyak.

Distilasi Uap Air

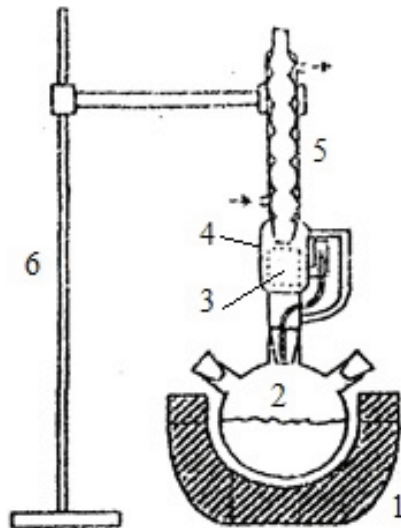
Metode pengambilan zat kimia aktif dengan metode ini memanfaatkan panas yang dibawa oleh uap air. Bahan padat dan air ditempatkan dalam labu berbeda. Kemudian air dipanaskan sampai titik didihnya dan terbentuk uap air (**steam**). Uap air akan masuk ke dalam labu yang berisi bahan padatan di mana akan terjadi ekstraksi zat kimia yang mudah menguap dalam bahan padatan. Uap air yang mengandung zat kimia akan mengalir ke dalam kondensor untuk diembunkan. Cairan yang terbentuk karena kondensasi ditampung di dalam corong pisah, dan akan terjadi pemisahan antara air dan zat kimia karena perbedaan kelarutan. Distilasi uap air adalah metode yang paling banyak dipakai untuk ekstraksi minyak atsiri dari tanaman. Metode distilasi uap air digunakan untuk mengekstrak zat kimia aktif yang mempunyai titik didih tinggi pada tekanan udara normal.

4.2 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada praktikum ini adalah: daun cengkeh, kertas saring, petroleum eter, dan air. Sedangkan rangkaian alat yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 4.5. dan 4.6. Selain itu juga digunakan beberapa alat gelas yaitu: corong gelas, gelas beker 1000 ml, gelas beker 250 ml dan corong pisah. Untuk alat penunjang digunakan timbangan analitik, oven, dan eksikator.



Gambar 4.5. Rangkaian Distilasi Kukus: (1) pemanas listrik, (2) ketel distilasi, (3) angsang, (4) tempat bahan, (5) termometer, (6) kondenser, (7) adaptor, (8) corong pisah, (9) krus, (10) statif.



Gambar 4.6. Rangkaian Alat Ekstraksi Soxhlet: (1) pemanas mantel, (2) labu leher tiga, (3) bahan yang diekstraksi, (4) soxhlet, (5) pendingin bola), (6) statif.

4.3 Cara Kerja

4.3.1 Distilasi kukus

1. Timbang ± 800 gram bahan kering yang telah dihaluskan.
2. Masukkan dalam ketel distilasi yang sebelumnya telah diisi air.
3. Hidupkan pemanas listrik dan air pendingin dialirkan, proses distilasi dilakukan ± 3 jam pada suhu 100°C .
4. Campuran minyak dan air hasil distilasi dipisahkan dengan corong pisah.
5. Minyak hasil dikeringkan dalam oven dan didinginkan dalam eksikator.
6. Timbang minyak hasil yang diperoleh..

4.3.2 Ekstraksi soxhlet

1. Timbang 10 gram bahan yang telah dihaluskan
2. Bungkus dengan kertas saring dan masukkan dalam alat ekstraksi.
3. Masukkan petroleum eter ke dalam labu leher tiga.
4. Rangkailah alat ekstraksi, pemanas **dihidupkn** dan alirkan air pendingin.
5. Proses ekstraksi dilakukan ± 20 sirkulasi dengan suhu 80°C .
6. Proses ekstraksi selesai, bungkus bahan dikeluarkan. Proses dilanjutkan untuk mendistilasi (memisahkan) pelarut dan minyak.
7. Minyak harus dimasukkan ke dalam krus dan dikeringkan dalam open
8. Dinginkan minyak dalam eksikator
9. Timbang minyak hasil yang diperoleh.

4.4 Pengolahan Data

Perhitungan kadar air dalam bahan

- Berat daun basah = (Berat botol timbang+daun basah) – (Berat botol timbang kosong)
- Berat daun kering = (Berat botol timbang+daun kering) – (Berat botol timbang kosong)

- $$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat daun basah} - \text{Berat daun kering}}{\text{Berat daun basah}} \times 100\% \quad \dots (4.1)$$

di mana:

Berat daun basah = Berat daun sebelum dioven, gram

Berat daun kering = Berat daun sesudah dioven, gram

Perhitungan yield minyak dalam bahan

$$\text{Yield} = \frac{\text{Massa minyak hasil ekstraksi}}{\text{Massa daun mula-mula}} \times 100\% \quad \dots (4.2)$$

4.5 Soal

- 1) Apakah keuntungan ekstraksi dengan cara soxhlet?
- 2) **Sebutkam** jenis-jenis pelarut yang dapat digunakan untuk ekstraksi?
- 3) Pada analisa kandungan minyak ditimbang daun kayu putih sebanyak 10 gram dengan menggunakan krus seberat 20,2 gram. Dari proses ekstraksi dihasilkan minyak sebanyak 4 gram. Untuk mengetahui kadar air pada daun dilakukan pengovenan sehingga berat daun menjadi 9 gram. Hitunglah persen kandungan air dan persen minyak dari daun kayu putih tersebut !

5 Penentuan Kadar Protein

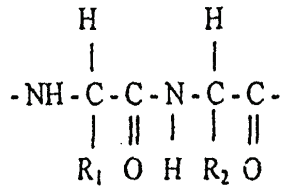
Capaian Pembelajaran

Mahasiswa dapat **mengetahuidan** memahami metode Kjeldahl untuk penentuan kadar protein total

5.1 Dasar Teori

Protein berasal dari asal kata “protos” dari bahasa Yunani yang berarti “yang paling utama”. Protein adalah jenis senyawa organik yang memiliki struktur kompleks dan merupakan jenis polimer dengan berat molekul tinggi. Protein tersusun atas monomer-monomer dari jenis asam amino yang saling berhubungan satu dengan lainnya. Ikatan yang membentuk protein berupa ikatan peptida. Pada semua jenis makhluk hidup dan virus, protein mempunyai peranan penting dalam struktur dan fungsi dari sel. Protein berfungsi sebagai zat pembangun karena dapat mengganti sel yang rusak dan membentuk sel baru. Protein merupakan sumber energi selain karbohidrat dan lemak. Protein juga berfungsi sebagai pembawa materi genetika yang menentukan sifat dan keunikan dari individu. Molekul protein mengandung unsur-unsur seperti **karbon (C)**, **oksigen (O)**, **hidrogen (H)**, **nitrogen (N)**, **fosfor (P)**, **sulfur (S)**, dan terkadang mengandung unsur logam

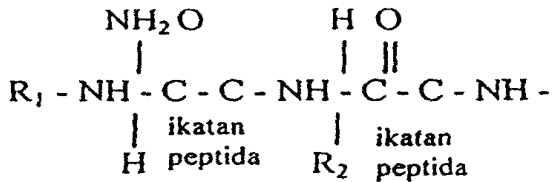
seperti besi dan tembaga. Rumus bangun molekul protein dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Rumus bangun molekul protein.

Kelarutan protein sangat dipengaruhi oleh pH, sehubungan dengan sifat amfoterik dan molekul protein, yakni bermuatan positif dalam larutan asam dan bermuatan negatif dalam larutan basa. Pada titik isoelektriknya kelarutan akan minimum dan akan naik dengan keasaman atau kebasaaan. Titik isoelektrik adalah suatu harga pH dimana molekul protein mempunyai jumlah muatan positif sama dengan jumlah muatan negatif. Pada kondisi ini gaya tolak elektrostatis antara molekul protein minimum.

Pada dasarnya protein dibentuk oleh satuan-satuan asam amino yang membentuk polimer sehingga merupakan senyawa yang panjang. Molekul asam amino mempunyai gugus amino (-NH₂) yang bersifat basa dan gugus karboksil (-COOH) yang bersifat asam. Keadaan tersebut memungkinkan asam amino bereaksi baik dengan asam maupun basa dan pereaksi-pereaksi lainnya. Gugus amino dan asam amino dapat bereaksi dengan gugus karboksil dan asam amino lainnya dengan mengeluarkan satu molekul H₂O dan membentuk ikatan peptida (-CO-NH). Dua molekul asam amino yang membentuk ikatan peptida disebut dipeptida. Gugus amino dan karboksil bebas dan dipeptida tersebut dapat bereaksi dengan asam-asam amino lainnya membentuk polipeptida, seperti pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Ikatan peptida dan bagian polipeptida.

Kerusakan dapat dialami protein atau denaturasi akibat pengaruh panas atau terjadinya reaksi dengan dengan basa atau asam. Denaturasi juga terjadi akibat pecahnya ikatan peptida sehingga terjadi perubahan struktur protein. Koagulasi atau pengendapan protein juga dapat terjadi akibat perubahan pH. Koagulasi tersebut dapat dengan mudah dikenali dengan terjadinya penggumpalan, dalam kehidupan sehari-hari misalnya adalah putih telur atau susu yang menggumpal dan daging yang mengering.

Disamping denaturasi, protein juga dapat mengalami degradasi, yaitu pemecahan molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana oleh pengaruh asam, basa atau enzim. Hasil-hasil degradasi dapat berbentuk sebagai berikut protease, pepton, polipeptida, peptida, asam amino, amoniak (NH_3) dan unsur nitrogen. Di samping itu dapat dihasilkan komponen-komponen yang menimbulkan bau busuk misal **merkaptan** dan Hidrogen Sulfida (H_2S).

Berdasarkan sumbernya protein dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- Protein hewani

Jenis protein ini berasal dari hewan, misalnya: daging, susu, udang, telur, belut, ikan dan lain-lain.

- Protein nabati
Protein nabati merupakan protein yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, misalnya jagung, kacang kedelai, kacang hijau, dan jenis kacang-kacangan lainnya.

Sedangkan menurut bentuknya, protein dibagi menjadi:

- Protein fibriler (skleroprotein)
Protein ini berbentuk serabut yang tidak larut dalam jenis larutan garam, asam basa ataupun alkohol dalam konsentrasi pekat. Kolagen yang terdapat pada keratin pada rambut, tulang rawan, miosin pada otot, dan fibrin pada gumpalan darah mempunyai bentuk serabut.
- Protein globuler atau steroprotein
Jenis protein ini mempunyai bentuk bola. Protein ini larut dalam larutan garam dan asam yang encer. Namun protein ini mudah terdenaturasi yaitu terjadi perubahan sifat fisik dan strukturnya karena pengaruh suhu dan perlu, seperti yang dialami oleh enzim dan hormon.

5.2 Analisis Protein dalam Bahan dengan Metode Kjeldahl

Dikenal dua metode analisis protein untuk bahan pangan yaitu metode kuantitatif dan kualitatif. Salah cara analisis kadar protein adalah dengan metode Kjeldahl. Metode Kjeldahl dikenal sebagai kadar protein kasar (*crude protein*) karena yang terikut pada hasil analisis adalah senyawa-senyawa yang mengandung atom N bukan hanya protein saja. Prinsip kerja metode Kjeldahl adalah protein dan komponen organik bahan yang dianalisis dilakukan proses

destruksi dengan menggunakan Asam Sulfat dan katalis sehingga akan menghasilkan amonium sulfat. Hasil destruksi kemudian dilakukan penetralan dengan larutan alkali sekaligus dijalankan proses pemisahan secara distilasi. Hasil distilat ditangkap di dalam larutan penyerap. Larutan penyerap selanjutnya proses dititrasi dengan menggunakan larutan HCl. Metode ini cocok digunakan secara semimikro, sebab hanya memerlukan jumlah sampel dan pereaksi yang sedikit dan waktu **analisa** yang pendek.

Cara Kjeldahl digunakan untuk menganalisis kadar protein kasar dalam bahan makanan secara tidak langsung. Komponen yang dianalisis dengan cara ini adalah kadar nitrogennya. Data yang diperoleh dari titrasi dikalikan hasil analisis tersebut dengan angka konversi 6,25 untuk dapat diperoleh nilai protein dalam bahan makanan itu. Jenis bahan yang lain memiliki angka konversi yang berbeda, yaitu untuk beras, kedelai, dan gandum angka konversi berturut-turut adalah 5,95; 5,71 dan 5,83. Angka konversi sebesar 6,25 berasal dari angka konversi serum albumin yang biasanya mengandung 16% nitrogen.

Berikut adalah tahapan metode analisa protein dengan cara Kjeldahl:

- **Tahap destruksi**

Sampel bahan makanan pada tahapan ini dipanaskan dalam Asam Sulfat pekat sehingga terjadi destruksi menjadi unsur-unsurnya. Elemen karbon dan hidrogen akan terjadi proses oksidasi menjadi CO, CO₂ dan H₂O. Sedangkan elemen **nitrogen** (N) akan berubah menjadi **ammonium sulfat**

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Untuk mempercepat proses destruksi Gunning menyatakan bahwa perlu ditambahkan katalis berupa menggunakan sodium sulfat (K_2SO_4) atau tembaga sulfat (CuSO_4). Fungsi penambahan katalis menaikkan titik didih asam sehingga mempercepat destruksi.

- **Tahap distilasi**

Pada tahapan ini ammonium sulfat diurai menjadi ammonia (NH_3) dengan bantuan penambahan NaOH sambil dilakukan pemanasan. Untuk mencegah terjadinya panas yang berlebihan (superheating), pemercikan cairan atau timbulnya gelembung gas yang besar maka ditambahkan logam zink (Zn). Ammonia yang dilepaskan akan ditangkap oleh asam khlorida atau asam borat. Larutan asam yang digunakan dalam jumlah yang berlebihan. Untuk membuat kontak antara asam dan ammonia lebih baik maka ujung tabung distilasi dibuat tercelup sedalam mungkin dalam larutan asam. Untuk mengetahui asam dalam keadaan berlebihan maka diberi indikator phenol pthalein.

- **Tahap titrasi**

Tahapan titrasi dilakukan untuk mengetahui sisa asam yang bereaksi dengan amoniak. Untuk pemakaian asam khlorida dalam penampung distilat, maka sisa asam dengan larutan NaOH standar (0,1 N) dengan indikator phenol pthalein.. Titik ekuivalen ditandai dengan terjadinya perubahan warna larutan menjadi merah muda yang tidak hilang selama 30 detik. Persentase nitrogen dihitung dengan persamaan:

$$\%N = \times N. \text{NaOH} \times 14,008 \times 100\%$$

Sedangkan jika asam borat digunakan dalam penampung distilasi maka banyaknya sisa asam yang bereaksi dengan ammonia dapat diketahui dengan titrasi menggunakan asam klorida 0,1 N dengan indikator **campura bromocresol green** dan **methyl red**. Titrasi dihentikan apabila telah terjadi perubahan warna larutan dari biru menjadi merah muda. Persentase nitrogen total dihitung dengan persamaan:

$$\%N = \times N.HCl \times 14,008 \times 100 \%$$

Setelah diperoleh persentase **nitrogen**, selanjutnya dihitung kadar proteinnya dengan mengalikan suatu faktor. Besarnya faktor perkalian N menjadi protein ini tergantung pada persentase N yang menyusun protein dalam suatu bahan.

Metode Kjeldahl akan berhasil baik dengan mengambil asumsi bahwa unsur nitrogen dalam bentuk ikatan N-N dan N-O dalam sampel tidak terdapat dalam jumlah yang besar. Kelemahan dari metode ini adalah bahwa komponen-komponen yang lain seperti purina, pirimidina, vitamin-vitamin, asam amino besar, kreatina, dan kreatinina dapat terikut sebagai hasil analisis dan terukur sebagai nitrogen protein. Namun demikian, metode ini cukup teliti untuk pengukuran kadar protein dalam bahan makanan. Pada analisis protein dengan metode Kjeldahl diperlukan faktor koreksi yang berbeda untuk setiap bahan makanan karena setiap bahan makanan memiliki urutan asam amino yang berbeda. Penggunaan Asam Sulfat pekat sebagai katalis pada proses **dekstruksi** pada suhu tinggi menimbulkan bahaya yang cukup besar.

5.3 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah:

1. Labu Kjedadhl 500mL
2. Penjepit
3. Gelas ukur 100 mL
4. Kompor listrik 600 W
5. Corong kecil
6. Pemanas dengan matel
7. Alat distilasi berpendingin + adapter + bola
8. Statip dan klem
9. Buret
10. Erlenmeyer 250 ml
11. Gelas piala 200 ml
12. Ember
13. Lumpang + mortir
14. Timbangan

Bahan-bahan yang digunakan:

1. Sampel
2. K_2SO_4 atau Na_2SO_4 anhidrat
3. $CuSO_4$
4. H_2SO_4 pekat
5. HCl 0,1 N atau konsentrasi yang lain.
6. NaOH 45% atau NaOH pekat atau konsentrasi yang lain
7. NaOH 0,1 N atau konsentrasi yang lain
8. Indikator phenol phtalein
9. Indikator methyl red
10. Zn
11. Aquades

5.4 Cara Kerja

Timbang:

- 1,5 gram sampel
- 10 gram K_2SO_4
- 0,2 gram $CuSO_4$

Ukur: 25 mL H_2SO_4 pekat

2 butir Zn (seng)

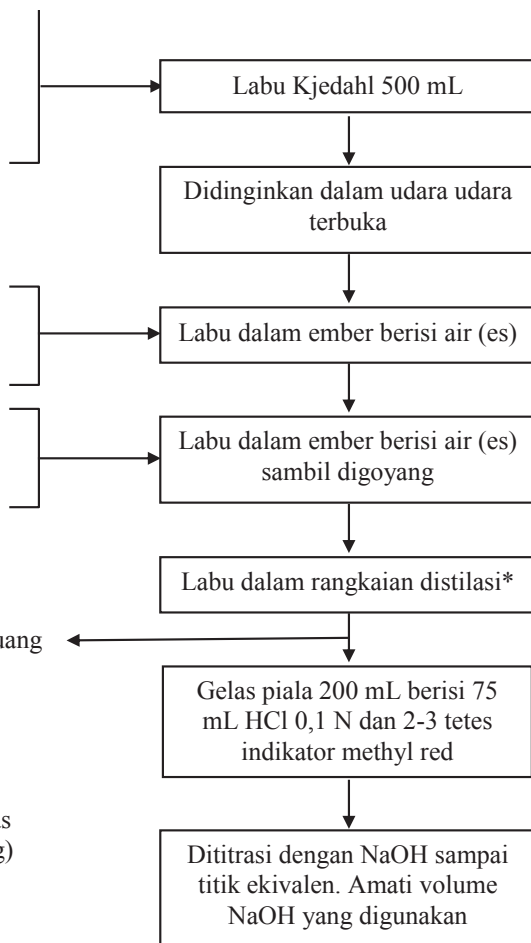
175 mL aquadeds

2-3 tetes indikator p.p.

NaOH 45% atau NaOH pekat
sedikit-sedikit sampai warna
larutan berubah (keadaan basa)

Residu dibuang

* Distilasi dihentikan setelah
distilat tidak bersifat basis
ditandai dengan getaran keras
dari pemanas (bunyi dug dug)



5.5 Pengolahan Data

$$\text{Kadar protein} = \frac{(V_{\text{HCL}} \cdot N_{\text{HCL}} - V_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}}) \times 14 \times F \times 100\%}{\text{Berat bahan mula-mula} \times 1000} \dots (5.1)$$

$$\text{Kesalahan relatif} = \frac{\text{Kadar protein percobaan} - \text{kadar protein sesungguhnya}}{\text{kadar protein sesungguhnya}} \dots (5.2)$$

5.6 Soal

1. Jelaskan fungsi masing-masing bahan (H_2SO_4 , K_2SO_4 , CuSO_4 , Zn , NaOH) pada percobaan Analisa Kadar Protein!
2. Proses analisa kadar protein dari 3 gr roti tawar menggunakan 25 ml HCl 0,1 N. Jika dalam proses titrasi diperlukan 14,5 NaOH 0,1 N untuk mencapai titik ekuivalen, tentukan kadar protein dalam roti tawar tersebut. Hitunglah kesalahan relatif jika diketahui kadar protein sesungguhnya 7,9% ! Diketahui faktor konversi : 5,2

6 Penentuan Rapat Massa dan Viskositas

Capaian Pembelajaran

Mahasiswa mengetahui cara mengukur dan menentukan besarnya rapat massa dan viskositas cairan.

Mahasiswa mengetahui pengaruh suhu terhadap nilai rapat massa dan viskositas cairan.

6.1 Dasar Teori

6.1.1 Rapat Massa

Pada dasarnya suatu benda dalam wujud makroskopis dapat dibedakan atas benda padat dan fluida. Wujud benda yang terakhir ini dibedakan dengan yang pertama, karena fluida dapat mengalir atas dirinya sedang benda padat **tidak** dapat. Karena zat yang dapat mengalir itu hanyalah zat cair dan gas, maka keduanya termasuk fluida.

Salah satu sifat yang penting dari suatu bahan adalah rapat massa atau densitas (*density*). Rapat massa didefinisikan sebagai massa per satuan volume. Bahan yang homogen seperti es atau

besi, memiliki densitas yang sama pada setiap bagiannya. Rapat massa dilambangkan dengan huruf Yunani ρ ("rho"). Jika sebuah bahan yang materialnya homogen bermassa m memiliki volume v , densitasnya ρ dapat dirumuskan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots (6.1)$$

dimana:

ρ = massa jenis air (kg/m^3);

m = massa benda (kg);

V = volume benda (m^3)

Densitas suatu bahan, tidak sama pada setiap bagiannya; contohnya adalah atmosfer bumi (yang semakin tinggi akan semakin kecil densitasnya) **dal** lautan (yang semakin dalam akan semakin besar densitasnya). Secara umum, densitas bahan tergantung pada faktor lingkungan suhu dan tekanan.

Pipa U adalah pipa lengkung berbentuk huruf U. Pipa ini termasuk bejana berhubungan. Jika pipa U diisi dengan satu jenis zat cair, tinggi permukaan zat cair pada kedua mulutnya selalu sama. Tetapi, jika pipa U diisi dengan dua zat cair yang tidak bercampur, tinggi permukaan zat cair pada kedua mulut pipa berbeda. Gambar 6.1 menunjukkan hubungan antara zat cair dengan massa jenis yang berbeda pada pipa U.

Untuk dapat mendapatkan hubungan antara massa jenis dan tinggi zat cair dalam pipa U maka dimisalkan, massa jenis zat cair pertama adalah ρ_1 dan massa jenis zat cair kedua adalah ρ_2 . Dan

titik pertemuan kedua zat cair, kita buat garis mendatar yang memotong kedua kaki pipa U. Misalkan, tinggi permukaan zat cair pertama dari garis adalah h_1 dan tinggi permukaan zat cair kedua dari garis adalah h_2 . Zat cair pertama setinggi h_1 melakukan tekanan yang sama besar dengan tekanan zat cair kedua setinggi h_2 .

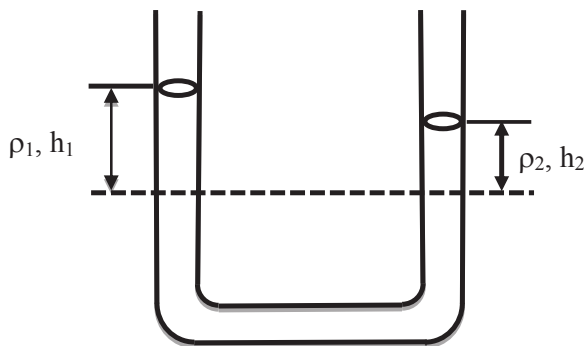
$$P_1 = P_2 \quad (6.2)$$

dengan: $P = \rho \cdot g \cdot h$, maka:

$$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

$$\rho_1 \cdot h_1 = \rho_2 \cdot h_2 \quad (6.3)$$

Dengan menggunakan persamaan (6.3), kita dapat menentukan massa jenis zat cair lain jika massa jenis salah satu zat cair diketahui. Harus diperhatikan bahwa kedua zat cair yang dimasukkan dalam pipa U tidak boleh zat cair yang bercampur, misalnya air dan alkohol. Kedua zat cair yang dimasukkan harus tidak bercampur agar batasnya jelas. Dengan demikian, tinggi permukaan masing-masing zat cair dapat diukur.



Gambar 6.1. Zat cair dengan massa jenis berbeda akan mengakibatkan tinggi kolom pada pipa U berbeda.

Penentuan massa jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer, arcometer, timbangan hidrostatis dan cara monometrik. Untuk massa padat tidak homogen dan serbuk yang memiliki pori dan ruang rongga, massa jenis tidak lagi teridentifikasi secara jelas. Pengujian kerapatan dilakukan untuk menentukan 3 macam kerapatan jenis, yaitu :

1) Kerapatan sejati

Massa partikel dibagi volume partikel tidak termasuk rongga yang terbuka dan tertutup.

2) Kerapatan nyata

Massa partikel dibagi volume partikel tidak termasuk pori/lubang yang terbuka tetapi termasuk pori yang tertutup.

3) Metode neraca hidrostatis

Massa partikel dibagi volume partikel termasuk pori yang terbuka dan tertutup.

Sedangkan metode penentuan untuk cairan, yaitu :

1) Metode Piknometer

Prinsip metode ini didasarkan atas penentuan massa cairan dan penentuan tuang, yaitu ditempati cairan ini. Untuk itu **dibutuhkan** wadah untuk menimbang yang dinamakan piknometer. Ketentuan metode piknometer akan bertambah hingga mencapai keoptimuman ini terletak pada sekitar isi ruang 30 ml, bagian tutup mempunyai lubang berbentuk saluran kecil. Pengukuran harus dilakukan pada suhu tetap. Volume zat cair selalu sama dengan volume piknometer.

2) Metode Aerometer

Penentuan kerapatan dengan metode aerometer berskala (timbangan enam sumbu) didasarkan pada pembacaan seberapa dalamnya tabung gelas tercelup yang sepihak diberati dan pada kedua ujung ditutup dengan pelelehan.

3) Metode neraca hidrostatik

Metode ini didasarkan hukum Archimedes yaitu suatu benda yang dicelupkan kedalam cairan yang terdesak.

Adapun faktor faktor yang mempengaruhi massa jenis adalah:

- Suhu
Dimana pada suhu yang tinggi senyawa yang di ukur berat jenisnya dapat menguap sehingga dapat mempengaruhi massa jenisnya, demikian pula halnya pada suhu yang sangat rendah.
- Massa zat
Jika zat mempunyai massa yang besar maka kemungkinan massa jenisnya juga menjadi lebih besar
- Volume zat
Jika volume zat besar maka massa jenisnya akan berpengaruh, bergantung dari massa zat itu sendiri.

Menurut definisi, **rapat** jenis adalah perbandingan yang dinyatakan dalam desimal, dari berat suatu zat terhadap berat dari standar dalam volume yang sama kedua zat mempunyai suhu yang sama atau suhu yang telah diketahui. Air digunakan untuk standar untuk zat cair dan padat, hidrogen atau udara untuk gas. Dalam farmasi, perhitungan massa jenis terutama menyangkut cairan, zat padat dan air merupakan pilihan yang tepat untuk digunakan sebagai standar karena mudah didapat dan mudah dimurnikan. Tabel 6.1. menunjukkan nilai massa jenis dari beberapa jenis zat

Tabel 6.1. Nilai massa jenis dari beberapa jenis zat

Padat		Cair		Gas	
Zat	ρ (kg/m ³)	Zat	ρ (kg/m ³)	Zat	ρ (kg/m ³)
Aluminium	$2,7 \times 10^3$	Air (4 °C)	$1,0 \times 10^3$	Udara	1,29
Besi dan baja	$7,8 \times 10^3$	Plasma	$1,03 \times 10^3$	Helium	0,179
Tembaga	$8,9 \times 10^3$	darah	$1,05 \times 10^3$	Karbondioksida	1,98
Timah	$11,3 \times 10^3$	Darah	$1,025 \times 10^3$	Uap air	0,598
Emas	$19,3 \times 10^3$	Air laut	$13,6 \times 10^3$	(100 °C)	
Beton	$2,3 \times 10^3$	Air raksa	$0,79 \times 10^3$		
Granit	$2,7 \times 10^3$	Ethanol	$0,68 \times 10^3$		
Kayu	$0,3-0,9 \times 10^3$	Bensin			
Kaca	$2,4-2,8 \times 10^3$				
Es balok	$0,197 \times 10^3$				
Tulang	$1,7-2,0 \times 10^3$				

6.1.2 Viskositas

Fluida gas maupun cairan memiliki sifat yang dikenal dengan viskositas atau kekentalan. Viskositas banyak digunakan dalam dunia industri untuk mengetahui koefisien kekentalan zat cair. Dengan mengetahui koefisien kekentalan maka dapat dihitung nilai kekentalan sebenarnya yang dapat digunakan dalam membuat komposisi zat fluida itu dalam sebuah larutan. Industri yang sering menggunakan kekentalan untuk aplikasinya adalah industri minyak pelumas. Minyak pelumas memiliki kekentalan yang lebih tinggi dibandingkan zat cair lainnya. Apabila diketahui komposisi minyak pelumas tersebut, maka selama proses produksi kualitasnya dapat tetap terjaga.

Viskositas dapat dianggap dianalogikan sebagai suatu gesekan antara lapisan zat cair atau gas yang mengalir. Setiap molekul dalam cairan dianggap dalam keadaan setimbang. Sebelum lapisan molekul dapat melewati lapisan molekul lainnya diperlukan

energi sehingga lapisan zat cair dapat mengalir diatas lapisan yang lain. Adanya gaya gesekan yang ditimbulkan antara lapisan zat cair, maka zat akan bersifat menahan aliran. Besar kecilnya gaya gesekan tersebut tergantung dari sifat zat cair **aa** dikenal dengan nama viskositas. Maka dapat dirumuskan:

$$\eta = \frac{G}{A \cdot dv/dy} \quad \dots (6.4)$$

dengan:

η = viskositas

G = gaya gesek

A = luas permukaan zat cair

dv = perbedaan kecepatan antara dua lapisan zat cair yang berjarak dy

Viskositas dapat didefinisikan sebagai gaya tiap satuan luas (dyne/cm³) yang diperlukan untuk mendapatkan beda kecepatan sebesar 1 cm/detik antara dua lapisan zat cair yang sejajar dan berjarak 1 cm. Dalam satuan cgs, viskositas sebesar 1 dyne dt cm⁻² disebut 1 poise. Untuk kekentalan yang kecil dapat digunakan centipoise (10⁻² poise).

Macam-Macam Viskositas

Ada dua macam viskositas, antara lain :

- **Viskositas Dinamis**

Adalah viskositas yang disebabkan apabila dua lapisan zat cair saling bergeseran sehingga besarnya gaya gesekan zat

cair dinyatakan dengan banyaknya 1 gram zat cair yang mengalir sejauh 1 cm dt⁻¹, satuannya dalam satuan SI adalah dyn.s/cm² atau poise.

- **Viskositas Kinematis**

Adalah viskositas yang ditimbulkan bila dua zat cair saling bergesekan sehingga besarnya gaya gesekan zat cair dinyatakan dengan banyaknya zat cair yang mengalir per satuan luas tiap detik, satuannya adalah cm²dt⁻¹ atau stokes. Satu stokes didefinisikan sebagai gaya sebesar 1 dyne yang diperlukan untuk mendapatkan sejumlah zat cair yang mengalir dalam penampang seluas 1 cm² dalam satu detik.

Hubungan antara angka kental dinamis (η_d) dengan angka kental kinematis (η_k) berdasarkan satuannya adalah:

$$\eta_d = \text{gr cm}^{-1} \text{ det}^{-1}$$

$$\eta_k = \text{cm}^2/\text{dt}$$

$$\text{jadi } \eta_d / \eta_k = \text{gr/cm}^3 = \rho \text{ (densitas)}$$

Viskositas Suatu Larutan

Dalam suatu larutan, η_0 merupakan viskositas dari pelarut murni dan η merupakan viskositas dari larutan yang menggunakan pelarut tersebut. Ada beberapa cara untuk menghitung pengaruh penambahan zat terlarut terhadap viskositas larutan. Perhitungan viskositas suatu larutan sering dihubungkan dengan penentuan berat molekul suatu polimer yang terdapat dalam suatu pelarut.

Beberapa perhitungan viskositas suatu larutan yang paling umum yaitu:

- Viskositas Relatif

Viskositas relatif adalah rasio antara viskositas larutan dengan viskositas dari pelarut yang digunakan. Viskositas relatif dinyatakan dengan persamaan:

$$\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0} \quad \dots (6.5)$$

- Viskositas Spesifik

Viskositas spesifik adalah rasio antara perubahan viskositas yang terjadi setelah penambahan zat terlarut dengan viskositas pelarut murni. Viskositas spesifik dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\eta_{sp} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \eta_r - 1 \quad \dots (6.6)$$

- Viskositas Inheren

Viskositas Inheren rasio antara logaritma natural dari viskositas relatif dengan konsentrasi dari zat terlarut (biasanya berupa polimer). Untuk menentukan viskositas inheren digunakan persamaan:

$$\eta_i = \frac{\ln \eta_r}{c} \quad \dots (6.7)$$

- Viskositas Intrinsik

Viskositas intrinsik adalah rasio antara viskositas spesifik dengan konsentrasi zat terlarut yang diekstrapolasi sampai

konsentrasi mendekati nol (saat pengenceran tak terhingga). Viskositas intrinsik menunjukkan kemampuan suatu polimer dalam larutan untuk menambah viskositas larutan tersebut. Nilai viskositas dari suatu senyawa makromolekul di dalam larutan adalah salah satu cara yang paling banyak digunakan dalam karakterisasi senyawa tersebut. Secara umum, viskositas intrinsik dari makromolekul linear berkaitan dengan berat molekul atau derajat polimerisasinya. Viskositas intrinsik dinyatakan dengan rumus:

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{sp}}{c} \quad \dots (6.8)$$

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Viskositas:

- Densitas

Densitas suatu zat akan mempengaruhi viskositas, hal ini dapat diamati dari persamaan:

$$\eta_x = \frac{\rho_x \cdot t_x}{\rho_a \cdot t_a} \cdot \eta_a \quad \dots (6.9)$$

- Suhu

Zat dalam wujud semakin tinggi suhu maka tekanan semakin besar, sehingga jarak antar molekul semakin kecil dan gesekan antar molekul bertambah. Hal ini membuat nilai viskositas semakin besar. Sedangkan pada zat cair, viskositas meningkat dengan semakin naiknya tekanan, sebaliknya viskositas akan rendah jika suhu meningkat.

- Tekanan
Semakin besar tekanan maka viskositas akan bertambah.
- Gaya gesek
Gaya gesek antar lapisan yang semakin besar maka viskositasnya semakin besar.

6.2 Cara-Cara Penentuan Viskositas

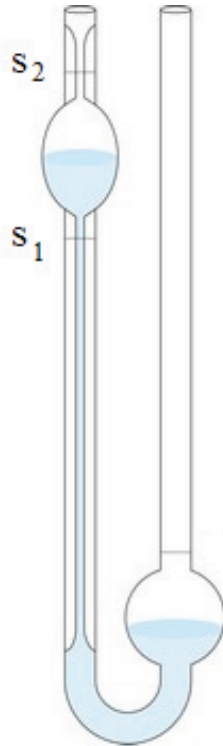
6.2.1 Cara Ostwald

Penentuan viskositas dengan cara Ostwald didasarkan pada hukum Poiseuille II yang menyatakan bahwa **volumen** cairan yang mengalir dalam waktu t keluar dari pipa dengan radius R , panjang L dan beda tekanan P . Dari Hukum Poiseuille II dapat dirumuskan:

$$\eta_x = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot P \cdot t}{8 \cdot \eta \cdot L} \quad \dots (6.10)$$

Viskosimeter Ostwald terdiri atas dua labu pengukur, pipa kapiler dan labu contoh. Pada masing labu diberi tanda " s_1 " dan " s_2 ". Viskositas tidak diukur secara langsung tapi menggunakan cairan pembanding. Cairan pembanding yang banyak digunakan adalah aquades yang telah diketahui viskositas dan densitasnya. Cairan dihisap melalui labu pengukur dari viskosimeter sampai permukaan cairan lebih tinggi daripada batas " **s_1** ". Cairan kemudian dibiarkan turun. Ketika permukaan cairan turun melewati batas " s_1 ", stopwatch dinyalakan. Selanjutnya pada saat cairan melewati batas " s_2 ", stopwatch dimatikan. Dengan demikian waktu yang diperlukan untuk melewati jarak antara " s_1 " dan " s_2 " dapat

ditentukan. Dengan cara yang sama dilakukan terhadap zat lain yang akan dicari harga viskositasnya.



Gambar 6.2. Viskosimeter Ostwald.

6.2.2 Cara Hoppler

Penentuan viskositas dengan carai ini berdasarkan hukum Stokes yang menyatakan bahwa jika zat cair yang kental mengalir melalui bola yang diam dalam aliran laminer atau jika bola bergerak dalam zat cair yang kental yang berada dalam keadaan diam, maka akan terdapat gaya penghalang. Maka dapat dinyatakan:

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

... (6.11)

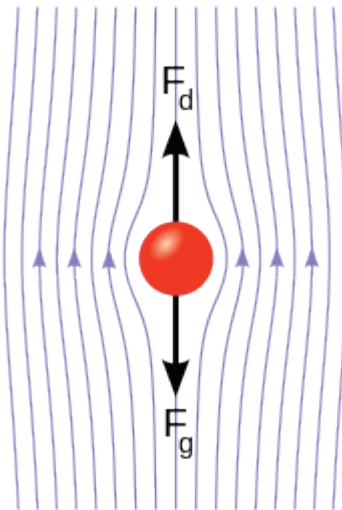
dengan :

f = frictional resistance

η = viskositas

r = jari-jari bola

v = kecepatan atau jarak yang ditempuh per satuan waktu



Gambar 6.3. Hukum Stokes.

6.3 Alat dan Bahan

Penentuan rapat massa

Bahan yang digunakan:

1. Air
2. Larutan garam
3. Kelereng
4. Es batu

Alat yang digunakan:

1. Piknometer
2. Hidrometer
3. Gelas ukur 250 ml
4. Termometer
5. Timbangan analitik
6. Gelas beker 1 L
7. Gelas beker 250 ml
8. Corong
9. Pengaduk
10. Gelas arloji

Penentuan Viskositas

Bahan yang digunakan:

1. Zat pembanding (air)
2. Zat sampel (minyak goreng)

Alat yang digunakan:

1. Viskosimeter Ostwald
2. Stopwatch
3. Hidrometer
4. Termometer
5. Termostat
6. Water Bath
7. Corong gelas

6.4 Cara Kerja

Penentuan rapat massa

1. Mengukur rapat massa cairan dengan piknometer

Timbang piknometer kosong, catat beratnya. Ambil aquadest dalam gelas beker 250 ml, ukur suhunya. Diusahakan suhunya mencapai 20 °C, bila suhunya terlalu tinggi dapat diberi es batu dibagian luarnya. Kemudian masukkan aquadest tersebut ke dalam piknometer sampai penuh dan ditutup, jangan sampai ada rongga kosong di dalam piknometer, dan yang terakhir adalah menimbang piknometer. Lakukan hal yang sama terhadap larutan garam.

2. Mengukur rapat massa cairan dengan hidrometer

Pada percobaan kedua digunakan hidrometer. Masukkan aquadest dengan suhu 20 °C ke dalam gelas ukur sebanyak 250 ml. Kemudian masukkan hidrometer ke dalamnya.

Penggunaan hidrometer harus dari ukuran yang paling kecil, baru meningkat ke ukuran yang lebih besar sampai diperoleh rapat massa yang tepat. Lakukan hal ini lima kali. Lakukan hal yang serupa terhadap larutan garam.

3. Mengukur rapat massa cairan pada suhu kamar.

Ambil larutan dalam gelas beker, kemudian ukur suhunya (tidak perlu didinginkan). Kemudian masukkan ke dalam piknometer dan timbang. Setelah itu ambil aquadest pada suhu yang sama dengan suhu larutan garam tersebut. Kemudian masukkan ke dalam piknometer dan ditimbang. Besarnya rapat massa larutan garam pada suhu tersebut adalah

$$\rho_{\text{lart.garam}} = \frac{m_{\text{lart.garam}}}{m_{\text{aquades}}} \cdot \rho_{\text{ref}} \quad \dots (6.12)$$

ρ_{ref} adalah ρ_{aquades} pada suhu yang diinginkan, dapat dilihat pada referensi.

4. Mengukur rapat massa padatan

Masukkan air ke dalam gelas ukur sebanyak 70 ml. Sementara itu timbang kelereng dengan timbangan analitis. Kemudian masukkan kelereng ke dalam gelas ukur, dan catat kenaikan air. Jumlah air yang naik tersebut sama dengan volume kelereng yang dipindahkan. Lakukan pengamatan sebanyak tiga kali.

Penentuan viskositas

1. Alat viskosimeter dibersihkan dengan asam pencuci dan dikeringkan dengan pompa vacuum.
2. Isikan zat pembanding dan zat sampel ke dalam alat viskosimeter masing-masing.
3. Hidupkan tombol termostat agar tercapai suhu diinginkan.
4. Setelah mencapai suhu tertentu yang konstan (ditandai dengan matinya lampu pada tombol atas), zat cair dinaikkan lebih tinggi dan tanda paling atas dengan pompa vacuum.
5. Saat zat cair tersebut melewati tanda yang ditengah, stopwatch dihidupkan dan dimatikan saat zat cair tersebut melewati tanda yang paling bawah. Catat waktu yang diperlukan oleh zat cair tersebut.
6. Ulangi percobaan di atas untuk dua zat cair dalam beberapa macam suhu (minimum tujuh macam).
7. Dalam beberapa macam suhu tentukan pula rapat zat cair dengan hidrometer yang ada.

6.5 Pengolahan Data

Penentuan rapat massa.

1. Rapat massa rata-rata:

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i}{n} \quad \dots (6.13)$$

2. Deviasi Standard:

$$\rho = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}} \quad \dots (6.14)$$

3. Deviasi Standard Relatif:

$$sp = \frac{sp}{\bar{\rho}} \times 100\% \quad \dots (6.15)$$

Penentuan viskositas

1. Menentukan viskositas relatif.

$$\eta_{\text{relatif}} = \frac{\rho r^4 t}{\rho_0 r_0^4 t_0} \quad \dots (6.16)$$

dengan :

ρ_0 = rapat massa zat cair atau aquadest yang didapat dari tabel sebagai fungsi suhu

2. Menentukan pengaruh suhu terhadap viskositas dinamik.

$$\eta_{\text{sampel}} = \eta_{\text{relatif}} \times \eta_{\text{aquadest}} \quad \dots (6.17)$$

dengan:

$\rho_{\text{aquadaest}}$ = viskositas aquades sebagai fungsi suhu, dilihat dari tabel.

$$\rho_{\text{relatif}} = A e^{\frac{E}{RT}} \quad \dots (6.18)$$

$$\ln \eta_{\text{sampel}} = \ln A + \frac{E}{RT} \quad \dots (6.19)$$

Dengan membuat grafik η vs $1/T$ akan didapatkan suatu persamaan garis yang menggambarkan pengaruh suhu terhadap viskositas dinamik.

6.6 Soal

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan rapat massa dan faktor faktor yang mempengaruhinya?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan viskositas, satuannya dan bagaimana hubungannya dengan suhu?

7 Tegangan Muka

Capaian Pembelajaran

Mahasiswa mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi tegangan permukaan suatu zat cair

Mahasiswa mampu menentukan tegangan permukaan zat cair

7.1 Dasar Teori

7.1.1 Fluida dan Jenisnya

Fluida adalah zat-zat yang mampu mengalir dan dapat menyesuaikan diri dengan bentuk tempatnya. Bila berada dalam keadaan keseimbangan, fluida tidak dapat menahan gaya tangensial atau gaya geser, akibatnya fluida akan terus menerus mengalami perubahan bentuk apabila mengalami tegangan geser. Semua fluida memiliki derajat kompresibilitas dan memberikan tahanan kecil terhadap perubahan bentuk.

Hal yang mendasari perbedaan antara fluida dengan zat padat adalah karakteristik deformasi bahan-bahannya. Zat padat dianggap sebagai bahan yang menunjukkan reaksi deformasi yang terbatas ketika menerima atau mengalami suatu gaya geser (*shear*). Sedangkan fluida diartikan sebagai zat yang dapat berubah

bentuk secara terus menerus apabila mengalami tegangan geser, karena pada dasarnya fluida tidak mampu menahan gaya geser apabila tidak mengalami perubahan bentuk.

Fluida dibedakan menjadi dua jenis, yaitu berdasarkan kerapatannya dan berdasarkan mekanika fluidanya. Berdasarkan kerapatannya, fluida dibedakan menjadi dua macam yaitu zat cair dan zat gas. Perbedaan antara zat cair dan zat gas adalah zat cair termasuk kedalam zat yang tidak terkompresi dan dapat mengisi volume tertentu serta memiliki permukaan yang bebas. Lain halnya dengan zat gas, pada zat gas cenderung bersifat terkompresi dan memiliki massa tertentu yang dapat mengembang sehingga dapat mengisi seluruh bagian pada wadahnya. Berdasarkan mekanika fluida, fluida dibedakan menjadi dua macam yaitu fluida tidak bergerak atau dalam keadaan diam (statika fluida), dan fluida bergerak atau dalam keadaan bergerak (dinamika fluida).

7.1.2 *Jenis-Jenis Aliran Fluida*

Aliran dalam fluida dapat dibedakan menjadi beberapa macam aliran, seperti aliran tunak (*steady*) atau tak tunak (*unsteady*), seragam (*uniform*) atau tak seragam (*non-uniform*), termampatkan (*compressible*) atau taktermampatkan (*incompressible*), dan laminar atau turbulen.

- **Aliran Tunak dan Tak Tunak**

Aliran dikatakan tunak (*steady flow*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu. Apabila kecepatan aliran selalu berubah selama selang waktu tertentu, maka dikatakan aliran tak tunak (*unsteady flow*), sebagai contoh aliran banjir atau pasang surut.

- **Aliran Seragam dan Tak Seragam**

Aliran dikatakan seragam (*uniform flow*) jika kedalaman aliran pada setiap penampang saluran adalah tetap dan jika kedalamannya selalu berubah, maka dikatakan aliran tidak seragam (*non-uniform flow*) atau aliran berubah.

- **Aliran Termampatkan dan Tak termampatkan**

Aliran dikatakan termampatkan (*compressible flow*) jika aliran tersebut mengalami perubahan volume bila diberikan tekanan dan sebaliknya jika tidak mengalami perubahan volume, dikatakan aliran tersebut **taktermampatkan** (*incompressible flow*).

- **Aliran Laminar dan Turbulen**

Aliran dikatakan laminar apabila sebuah aliran fluida mempunyai kecepatan yang relatif rendah dan fluidanya relatif pekat, gangguan yang mungkin dialami oleh medan aliran itu akibat getaran, ketidakteraturan permukaan batas dan sebagainya relatif lebih cepat teredam oleh viskositas fluida tersebut. Fluida dapat dianggap bergerak dalam bentuk lapisan-lapisan (**lamina**) dengan pertukaran molekuler hanya terjadi pada lapisan yang saling berbatasan.

- **Aliran turbulen**

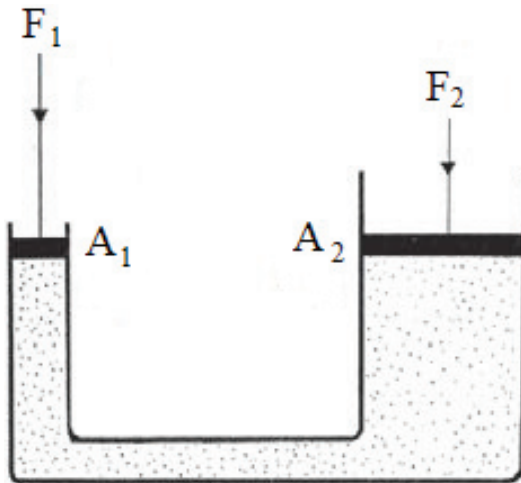
Aliran turbulen dicirikan dengan adanya ketidakteraturan local dalam medan aliran yang dipengaruhi oleh sifat-sifat mekanik dari kecepatan, tekanan atau temperatur. Aliran turbulen sering dianggap sebagai aliran yang tersusun dari sejumlah gumpalan fluida diskrit yang disebut *eddies* (pusaran). Dalam aliran yang benar-benar turbulen, pusaran

dapat dianggap bergerak secara acak diseluruh medan alir dan berinteraksi hampir seperti molekul-molekul dalam aliran laminar.

7.1.3 Tegangan Permukaan

Hukum Pascal

Apabila pada permukaan zat cair diberikan tekanan (sehingga terjadi perubahan tekanan), maka tekanan ini akan diteruskan ke setiap titik dalam zat cair itu. Hal ini pertama kali diungkapkan oleh seorang ilmuwan Perancis, Blaise Pascal dan dinamakan hukum Pascal, yang berbunyi “perubahan tekanan yang diberikan pada fluida akan ditransmisikan seluruhnya terhadap setiap titik dalam fluida dan terhadap dinding wadah”. Artinya, tekanan yang diberikan pada fluida dalam suatu ruang tertutup akan diteruskan oleh fluida tersebut ke segala arah dan sama besar.

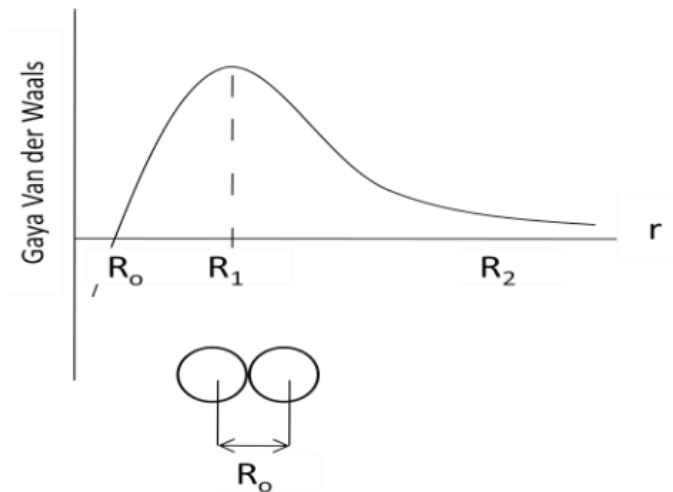


Gambar 7.1. Tekanan pada penampang bejana.

Berdasarkan Gambar 7.1 terlihat bahwa tekanan yang diberikan pada piston bejana sebelah kiri akan menyebabkan tekanan diteruskan oleh zat cair ke segala arah, termasuk ke dinding bejana dan piston sebelah kanan. Oleh karena dinding bejana cenderung kaku, maka akibatnya piston sebelah kanan mendapatkan tambahan tekanan yang ditimbulkan oleh piston sebelah kiri. Tekanan pada penampang piston sebelah kiri nilainya sama dengan tekanan pada penampang piston sebelah kanan.

Gaya Van der Waals

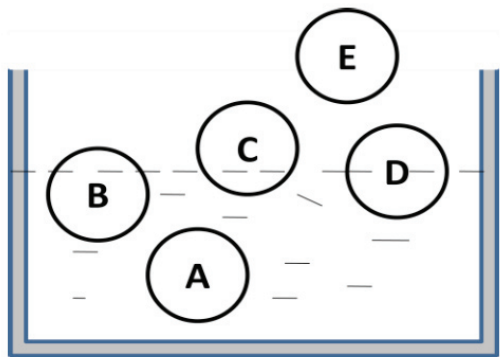
Tegangan muka, disebabkan oleh tarik menariknya molekul-molekul cairan di permukaan batas antara cairan dengan wadah atau udara. Menurut Van der Waals, gaya tarik-menarik antara molekul-molekul itu tergantung pada jaraknya satu sama lain seperti yang digambarkan oleh grafik pada Gambar 7.2.



Gambar 7.2. Gaya tarik antar molekul.

Berdasarkan Gambar 7.2, dapat disimpulkan bahwa makin dekat jarak dua molekul satu sama lain, makin besar gaya tarik-menariknya dan gaya tersebut mencapai maksimum pada suatu jarak $r = R_1$. Kalau kemudian dua molekul lebih didekatkan lagi satu sama lain, gaya tarik itu menjadi semakin kecil sampai akhirnya pada jarak $r = R_0$ gaya itu menjadi nol. Kemudian jika didekatkan lagi, gaya tarik itu berubah menjadi gaya tolak-menolak. Dengan mengandaikan molekul-molekul itu sebagai bola mampat, maka R_0 ini dapat dipakai untuk ukuran diameter molekul yaitu dengan memikirkan bahwa apabila kedua bola molekul itu sudah bersentuhan, sukar sekali untuk lebih mendekatkan keduanya satu sama lain.

Pada jarak $r = R_2$, apa yang dinamakan gaya Van der Waals tersebut dapat dianggap cukup kecil untuk diabaikan. Sekeliling tiap molekul dapat digambarkan sebagai bulatan bola dengan molekul itu dipusatnya, sedemikian rupa hingga dapat dikatakan bahwa molekul lain akan tarik-menarik dengannya apabila molekul lain itu berada di dalam bulatan bola tersebut. Bulatan itu disebut bulatan influensi (*sphere of influence*), seperti ditunjukkan Gambar 7.3.



Gambar 7.3. Bulatan Influensi.

Suatu molekul A yang masih cukup dalam berada di dalam cairan, yakni yang bulatan influensinya tercelup seluruhnya di dalam cairan, akan ditarik ke segala arah dengan sama rata, sehingga molekul itu mudah digeserkan dari suatu tempat ke tempat lain. Lain halnya dengan molekul-molekul yang berada di dekat permukaan baik yang masih berada di dalam cairan seperti molekul B maupun yang sudah sedikit di permukaan seperti molekul D dimana bulatan influensi molekul-molekul itu tidak seluruhnya berisi molekul-molekul cairan, melainkan sebagian berisi molekul-molekul udara di bagian atasnya. Gaya Van der Waals yang ditimbulkan oleh molekul-molekul udara ini jauh lebih kecil karena molekul-molekul udara jauh kurang rapat daripada molekul-molekul cairan. Akibatnya resultan gaya Van der Waals itu arahnya ke bawah, sehingga molekul-molekul cairan di dekat permukaan akan sukar meninggalkan cairan.

Molekul akan siap meninggalkan cairan apabila bulatan influensinya seluruhnya berada di luar cairan seperti molekul E. karena **tumbukkan** satu sama lain, suatu molekul cairan dapat terpelanting ke luar sampai bulatan influensinya ke **luarseluruhnya** dari cairan dan menjadi bebas bergerak di udara (tidak lagi di tarik ke arah cairan) dan disebut molekul uap. Molekul-molekul yang tepat dipermukaan seperti molekul D, mengalami penegangan ke segala arah pada arah mendatar permukaan, sebagai resultan arah mendatar dari gaya Van der Waals. Karena hal yang **demikinlah** maka molekul-molekul di permukaan dikatakan mengalami tegangan muka. Jadi jelaslah bahwa gaya tegangan muka itu arahnya menyinggung permukaan seperti halnya dengan gaya luncuran dan gaya gesekan viskositas.

7.1.4 Definisi Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan adalah gaya persatuan panjang yang harus dikerjakan sejajar permukaan untuk mengimbangi gaya tarikan **kedalam** pada cairan. Hal tersebut terjadi karena pada permukaan, gaya adhesi (antara cairan dan udara) lebih kecil dari pada gaya kohesi antara molekul cairan sehingga menyebabkan terjadinya gaya ke dalam pada permukaan cairan.

Tegangan antar muka adalah gaya **persatuan** panjang yang terdapat pada antarmuka dua fase cair yang tidak bercampur. Tegangan antar muka selalu lebih kecil dari pada tegangan permukaan karena gaya adhesi antara dua cairan tidak bercampur lebih besar dari pada adhesi antara cairan dan udara.

Molekul-molekul yang berada di permukaan cairan mempunyai sifat khusus yang tidak dimiliki oleh molekul-molekul yang berada di dalam cairan. Tegangan permukaan adalah salah satu sifat khusus tersebut. Sebagai ilustrasi jika sebuah jarum diletakkan secara hati-hati di atas permukaan air, jarum akan terapung. Padahal seperti telah diketahui bahwa rapat massa jarum lebih besar daripada rapat massa air, sehingga jarum akan tenggelam dalam air. Jarum yang dalam keadaan terapung disebabkan permukaan air karena adanya tegangan permukaan yang mampu menahan jarum supaya tetap berada di atas permukaan air.

Di dalam zat cair suatu molekul dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya yang sejenis dari segala arah sehingga gaya tarik menarik sesama molekul (kohesi) adalah sama. Pada permukaan zat cair terjadi suatu gaya tarik menarik antar molekul zat cair dengan molekul udara (gaya adhesi). Gaya adhesi lebih kecil

bila dibandingkan dengan gaya kohesi, sehingga molekul di permukaan zat cair cenderung untuk masuk ke dalam. Tetapi hal ini tidak terjadi karena adanya gaya yang bekerja sejajar dengan permukaan zat cair untuk mengimbangi. Sedangkan tegangan antar permukaan karena gaya adhesi antara zat cair untuk mengimbangi gaya kohesi. Sedangkan tegangan antar permukaan selalu lebih kecil dari tegangan permukaan.

Pada umumnya zat cair memiliki permukaan mendatar, tetapi apabila zat cair bersentuhan dengan zat padat atau dinding bejana, maka permukaan bagian tepi yang bersentuhan dengan dinding akan melengkung. Gejala melengkungnya permukaan zat cair disebut dengan **meniskus**. Ada dua jenis meniskus yaitu meniskus cekung dan **meniskung** cembung. Meniskus cekung terjadi jika gaya tarik menarik antara partikel zat cair dipermukaan dengan partikel zat padat (gaya adhesi) lebih besar dari pada gaya tarik menarik antara partikel-partikel zat cair (gaya kohesi). Secara kuantitatif tegangan ini dapat dinyatakan dengan berbagai cara, yang paling lazim adalah tegangan permukaan, yakni gaya yang dikerahkan kebidang permukaan per satuan panjang.

Fenomena lain yang ada hubungannya dengan tegangan permukaan adalah **meniskus** yang terbentuk saat cairan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Air yang membasahi dinding kapiler akan naik sehingga menjadi lebih tinggi dari pada permukaan air di sekitarnya. Contoh yang lain adalah spon yang dapat menyerap air ataupun air yang meresap ke dalam tanah.

Pada permukaan di mana cairan dan gas saling bertemu, atau lapisan batas dua cairan yang tidak dapat bercampur, seolah-olah tampak terbentuk suatu lapisan khusus yang disebabkan

oleh tarikan molekul-molekul cairan di bawah permukaan tersebut. Cairan mempunyai sifat yang menyerupai gas dalam hal gerakannya yang mengikuti gerakan brown dan gaya alirnya (fluiditasnya). Selain itu, cairan juga dapat menunjukkan adanya tegangan permukaan yang merupakan salah satu sifat yang penting dari cairan.

Tegangan permukaan atau tegangan antar muka adalah suatu gaya nyata yang efeknya tampak pada tingkat makroskopik seperti halnya pada tingkat molekuler. Hal ini dapat dilukiskan dengan meletakkan sebuah kerangka kawat dengan batang yang dapat bergerak dalam larutan energi per satuan luas jika kerja yang diperlukan untuk memindahkan batang yang bergerak dengan suatu jarak kecil. ~~Kebanyakan antar yang tercakup dalam sistem farmasetik berbentuk lengkung.~~

~~Mekanisme aksi surfaktan diduga melibatkan absorpsi hidrokarbon oleh permukaan partikel yang hidropibik sedangkan bagian polar surfaktan diserahkan ke fase air dan pada poliserbat adalah salah satu bahan pembasah yang digunakan dalam sediaan farmasi dan merupakan hal yang konsensi oleat dari sursobotol anhidrannya berkondensasi dengan lebih kurang 20 molekul etilekosida, berupa cairan kental dengan kekentalan 600 cps dan bersifat non ionik. Bahan pembasah adalah bahan yang dapat menurunkan tegangan antara partikel-partikel.~~

Tegangan permukaan sebuah campuran zat cair fungsi sederhana permukaan komponen murni karena komposisi permukaan pada campuran tidak sama dengan komposisi pada cairnya. Dalam situasi begini, kita hanya mengetahui komposisi badan cair. Bila dua fase dicampurkan maka batas fase-fase tersebut dinamakan

antar permukaan. Batas antara zat cair atau zat padat dengan udara biasanya disebut permukaan saja. Sedangkan batas antara zat cair dengan zat cair lainnya yang tidak bercampur atau antara zat padat dengan zat cair disebut antar permukaan.

Pengukuran tegangan permukaan dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain:

- **Metode Cincin du-Nouy**

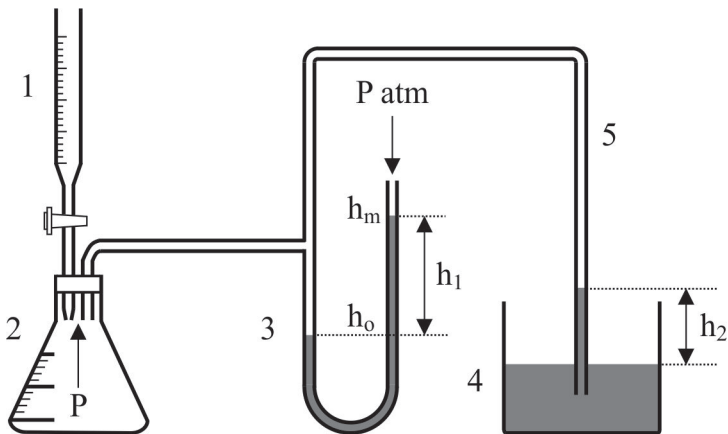
Cara ini dapat digunakan untuk mengukur tegangan permukaan dan tegangan antar permukaan zat cair. Prinsip kerja alat ini berdasarkan pada kenyataan bahwa gaya yang dibutuhkan untuk melepaskan cincin yang tercelup pada zat cair yang sebanding dengan tegangan permukaan atau tegangan antar permukaan. Gaya yang dibutuhkan untuk melepaskan cincin dalam hal ini diberikan oleh kawat besi yang dinyatakan dalam dyne.

- **Metode Kenaikan Kapiler**

Metode ini hanya dapat digunakan untuk menentukan tegangan suatu zat cair, dan tidak dapat digunakan untuk menentukan tegangan antar permukaan dua zat cair yang tidak bercampur. Bila pipa kapiler dimasukkan ke dalam suatu zat cair, dan tidak dapat digunakan untuk menentukan tegangan antar permukaan dua zat cair yang tidak bercampur. Bila pipa kapiler dimasukkan ke dalam suatu zat cair, maka zat tersebut akan naik ke dalam pipa sampai gaya gerak ke atas diseimbangkan oleh gaya gravitasi ke bawah akibat berat zat cair.

Pada dasarnya tegangan permukaan suatu zat cair dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya suhu dan zat terlarut. Dimana keberadaan zat terlarut dalam suatu cairan akan mempengaruhi besarnya tegangan permukaan terutama molekul zat yang berada pada permukaan cairan berbentuk lapisan monomolecular yang disebut dengan molekul surfaktan

7.1.5 Alat dan Bahan



Gambar 7.4. Rangkaian alat metode tekanan maksimum gelembung: (1) buret, (2) erlenmeyer, (3) manometer, (4) gelas beker, (5) pipa kapiler bentuk huruf U.

7.2 Cara Kerja

1. Menentukan h_2 yaitu dengan memberi tanda pada pipa kapiler sampai dimana pipa ini akan dicelupkan (h_2 jarak tanda sampai ujung pipa).
2. Menentukan h_0 (kedudukan manometer pada waktu pipa kapiler belum dicelupkan dan air dan buret belum dialirkan).
3. Mencelupkan pipa kapiler dalam cairan dalam gelas beker, kran buret ditutup dan buret diisi dengan air sampai penuh.

4. Buka kran perlahan-lahan pada saat jari-jari gelembung sama dengan jari-jari ujung pipa kapiler, dibaca kedudukan permukaan air dalam kaki terbuka dalam manometer = h_m . Harga h_1 dapat dicari dan hubungan $h_1 = 2(h_m - h_o)$.
5. Mengukur suhu cairan dalam gelas beker (t_2) dan dalam manometer (t_1), kemudian rapat massa air dapat dilihat pada tabel untuk suhu tersebut, diulangi 4 sampai 5 kali.
6. Mengukur diameter pipa kapiler dengan jangka sorong.

b. Menentukan H dengan metode kenaikan kapiler

Jika sebuah pipa kapiler ujungnya dicelupkan dalam zat cair yang membasahi dinding (meniskusnya cekung), maka zat cair akan naik setinggi h . Pada saat setimbang, gaya ke atas akan sama dengan gaya ke bawah, sedang untuk gaya ke samping saling meniadakan.

Permukaan zat cair menyentuh dinding sepanjang $2\pi r$.

$$\text{Gaya ke atas} = 2 \pi r H \cos \theta \quad \dots (7.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya ke bawah} &= \text{gaya berat zat cair yang naik} \\ &= \pi r^2 \rho g h \quad \dots (7.2) \end{aligned}$$

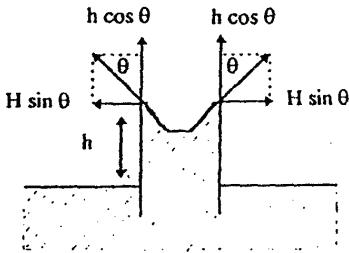
Dengan menyamakan kedua ruas dalam persamaan didapatkan :

$$H = \frac{\rho g h}{2 \cos \theta} \quad \dots (7.3)$$

Apabila zat cair yang diambil adalah air, dan untuk air θ sangat kecil (≈ 0) sehingga $\cos \theta = 1$

Jadi tegangan permukaan air adalah

$$H = \frac{r\rho gh}{2} \quad \dots (7.4)$$



Keterangan

H = tegangan permukaan zat cair

θ = sudut sentuh cair dengan dinding kapiler

r = jari-jari penampang lintang kapiler

h = kenaikan zat cair dalam pipa kapiler

Cara kerja:

1. Tuangkan zat cair yang akan ditentukan tegangan mukanya ke dalam gelas beker.
2. Masukkan pipa kapiler ke dalam gelas beker yang berisi cairan, lalu ukur berapa tinggi **kentikan** zat cair dalam pipa tersebut.
3. Lakukan hal ini sampai lima kali dengan **cam** seperti pada no. 1 dan no. 2.
4. Dengan cara yang sama lakukan untuk pipa lain, masing-masing sebanyak lima kali.
5. Diameter masing-masing pipa diukur dengan jangka sorong dengan cara melingkari semua permukaan tepi lubang pipa (lakukan lima kali dengan jalan melingkar).

7.3 Pengolahan Data

Harga tegangan muka (H) dan cairan dapat dicari dengan cara menyamakan tekanan-tekanan yang bekerja pada beker dan manometer dalam keadaan setimbang. Dengan menurunkan air dan buret ke dalam erlenmeyer, tekanan pipa kapiler akan menjadi besar. Jika pada ujung pipa kapiler terjadi gelembung udara dengan jari-jari R maka pada permukaan gelembung ini bekerja tekanan-tekanan:

1. Dari atas (P)

Dalam keadaan setimbang maka P sama dengan:

- tekanan hidrostatik : ρ_1gh_1
- tekanan barometer: P_B

2. Dari bawah

Pada titik N pada manometer

- tekanan hidrostatik : ρ_2gh_2
- tekanan udara : P_B
- tekanan tegangan permukaan : $2H/R$

Jadi pada keadaan setimbang tekanan dari atas sama dengan tekanan dari bawah sehingga dengan menyamakan kedua ruas dalam persamaan akan didapatkan koefisien tegangan permukaan.

$$\rho_1gh_1 + P_0 = \frac{2H}{R} + \rho_2gh_2 + P_B \quad \dots (7.5)$$

$$\rho_1gh_1 = \frac{2H}{R} + \rho_2gh_2 + P_B \quad \dots (7.6)$$

$$g(\rho_1gh_1 - \rho_2gh_2) = \frac{2H}{R} \quad \dots (7.7)$$

$$H = \frac{Rg}{2}(\rho_1gh_1 - \rho_2gh_2) \quad \dots (7.8)$$

dengan:

ρ_2 = rapat massa zat dalam gelas beker

ρ_1 = rapat massa zat cair dalam manometer

h_1 = selisih tinggi permukaan cairan dalam manometer

h_2 = selisih tinggi permukaan zat cair dengan ujung gelembung udara dalam pipa kapiler

7.4 Soal

- 1) Hitunglah Tegangan Muka suatu larutan, jika diketahui: diameter pipa kapiler 0,225 cm; Gravitasi 9.8 m/s²; massa piknometer + larutan = 42,2 gr dan massa piknometer kosong = 16,0 gram

h1 (cm)	1,6	2,8	3,6	4,2	5,8
h2(cm)	1	2	3	4	5

Referensi

- Atkins, P. W. (2007). *Physical Chemistry* (3rd Edition). Great Britain : Oxford University Press.
- Badger, W. Z. and Bachero, J. F. (1955). *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill Book Co., Kogakusha, Tokyo.
- Day, R. A. and A. L. Underwood. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif* (Edisi 6). Jakarta: Penerbit and Erlangga.
- Keenan, W. C. (1992). *Kimia Untuk Universitas* (Jilid 1). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ketaren, S. (1985). *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Khopkar, S. M. (2010). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI-Press
- Lutony, T. L., & Rahmawati, Y. (1994). *Produksi dan Perdagangan Minyak Atsiri*. Penebar Swadaya, Jakarta
- Poedjiadi A. (1994). *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta : UI-Press
- Sudarmadji, S., Haryono, B., Suhardi. (1996). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sudjadi. (1988). *Metode pemisahan*. Yogyakarta: Kanisius.
- White, F. M. (1994). *Mekanika Fluida jilid I* (Edisi 2). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Winarno, F. G. (1992). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Penerbit Gramedia.
- Young H. D. (2002). *Fisika Universitas*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Anastas P. T. and Warner, J. C. (1998) *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York.

Glosari

- Absorpsi : peristiwa perpindahan massa (molekul, ion, atau atom) ke badan utama fluida cair.
- Adhesi : gaya tarik-menarik antar molekul yang tidak sejenis.
- Adsorpsi : peristiwa perpindahan massa (molekul, ion, atau atom) ke permukaan suatu bahan padat (adsorben).
- Atom ekonomi : rasio dari total massa atom dalam produk yang diinginkan dengan massa total atom pada **reaktan**
- Azeotrop : campuran dari dua atau lebih larutan (kimia) dengan konsentrasi tertentu, dimana komposisi ini tetap dan tidak bisa diubah lagi dengan cara pemisahan biasa.
- Biodegradable : material atau bahan yang dapat hancur atau terurai oleh organisme hidup dan berasal dari tumbuhan atau **hewan**
- Denaturasi : peristiwa kehilangan struktur tersier dan struktur sekunder dari protein atau asam nukleat disebabkan pengaruh tekanan eksternal atau kontak dengan senyawa, seperti asam kuat atau basa, garam, pelarut organik, atau **panas**
- Elektroforesis : metode pemisahan suatu komponen atau molekul yang bermuatan berdasarkan perbedaan tingkat migrasinya dalam sebuah medan listrik.
-

- Eluen : komponen pembawa dari suatu fase gerak dalam kromatografi.
- Ekstraksi : cara pemisahan suatu zat terlarut dari campuran berdasarkan perbedaan kelarutan terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda.
- gaya kapiler : gaya tarik-menarik atau tolak-menolak dari suatu molekul dalam zat **cair**
- ionic liquids : senyawa yang terbentuk karena transfer electron dalam larutan.
- Isoelektrik : suatu keadaan di mana suatu senyawa tidak mempunyai muatan karena muatan elektron dan jumlah protonnya sama.
- kohesi : gaya tarik-menarik antar molekul yang sejenis.
- konversi : perbandingan antara jumlah produk yang bereaksi dengan jumlah mula-mula bahan baku utama.
- Korosif : sifat suatu bahan kimia yang dapat menyebabkan benda lain hancur atau mengalami kerusakan **permanen**
- maserasi : salah satu metode ekstraksi dengan cara mengontakkan bahan dengan pelarut sambil diaduk selama waktu tertentu.
- Meniscus : sifat yang dimiliki zat cair berupa penampakan kelengkungan yang terjadi pada permukaan zat cair.
- perkolasi : salah satu metode ekstraksi dengan cara melawatkan pelarut melalui bahan baku yang sudah direndam dengan pelarut.

- Retardation Factor : jarak yang ditempuh oleh senyawa dari titik asal dibagi dengan jarak yang ditempuh oleh pelarut dari titik asal
- rigid : sifat bahan atau matriks yang berhubungan dengan kekuatan
- selektifitas : perbandingan antara jumlah produk utama yang dihasilkan dengan jumlah produk samping.
- yield : perbandingan antara jumlah produk utama yang dihasilkan dengan jumlah semua bahan baku yang diumpangkan.

Indeks

A

A. J. P. Martin 31
A. T. James 31
absorpsi 53, 124
adhesi 122, 123
adsorpsi 32, 43
Alat Pelindung Diri 22, 23
ammonium nitrat 2
Amoniak 13
asam amino 87, 88
Asam asetat 5
Asam Fluorida 5
Asam fluorida 5
Asam Klorida 5
Asam Nitrat 3, 15
Asam Sulfat 3, 5, 9, 10
aseton 2
atom ekonomi 25, 26
azeotropik 82

B

belerang 2
benzena 2, 5
biodegradable 27

C

cuplikan iv, 36, 38, 45, 55, 57, 61

D

D.T. Day 30
densitas 104
detektor 30, 54, 57, 59

Deuterium 50
deuterium ix, 54
Distilasi v, ix, 83, 84, 85
distilasi 80, 83, 84, 85

E

Ekstraksi v, ix, 66, 72, 74, 75, 76,
81, 84, 85
ekstraksi 66, 72, 74, 75, 78, 80,
82, 83, 85, 86
elektroforesis 37
Eluen 44
eter 2
Explosive 1

F

fase diam 29, 31, 32, 33, 34, 35,
36, 37, 42, 43
fase gerak 29, 31, 32, 33, 38, 43
Fenol 5
finger print 52
Flammable 2
fluida 102, 115, 116, 117, 118
formalin 5

G

gaya kapiler 38
gelombang mikro 27, 53
gravimetri 40
Green Chemistry 23

H

heksana 2
Hidrogen peroksida 3
Hidrogen sianida 12
Hidrogen Sulfida 11
Hidrogen sulfida 11
High Performance Liquid Chromatography 31
higroskopis 10
hukum Poiseuille II 107

I

inframerah 51, 52
ionic liquids 26
isoelektriknya 88

K

Kalium 3
kalium klorat 2
kapiler 44, 78, 80, 107, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 130
karbon dioksida 4, 11
katalis 25
Kjeldahl vi, 87
klorin 4
kloroform 5
KLT iii, 31, 41, 42, 80
kohesi 122, 123
konversi 25
korosif 5
Kromatografi 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43
kromatografi 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46
kromatografi lapisan tipis 31
Kromatografi Lapis Tipis iii, 41
Kuvet 55, 62

L

Lambert-Beer 58
Laminar 117
limbah 23, 25, 26
Liquid Solid Chromatography 31

M

Maria Schreiber 31
maserasi ix, 76, 77, 78
massa jenis viii, x, 99, 100, 101, 102
matriks 36
meniskus 123
metanol 2
Mikhail Tsvet 30
Minyak atsiri 65, 67, 68
monokromator 54, 55, 57, 58

N

Natrium 3
natrium nitrat 2
Nikolai Izmailov 31
nitrogliserin 2

O

Ostwald vi, x, 107, 108, 110
Oxidazing Agent 2

P

Pascal 118
peptida x, 87, 88, 89
Perak Nitrat 10
Perkolasi 78
perkolasi 29, 79
permanganometri 40
permeasi 37
Piknometer 100, 110

polikromatis 54, 55, 57, 59
polimer 27, 37, 87, 88, 104, 105,
106

Protein v, vi, 87

R

R. L. M. Synge 31
rapat massa 79, 109, 111, 112,
113, 114, 122, 127, 130
reagen 25, 49, 50
refluks 79, 82
Retardation Factor 41, 46
rigid 36

S

selektifitas 25
sianida 5
sifon 80
solvent extraction 66, 72
soxhlet v, 80, 82, 84, 85, 86
Soxhletasi 79
Spektrofotometer iv, 47, 48, 52
spektrofotometri 40, 48, 50, 58
stasioner 36
Stokes x, 108, 109
supercritical carbon dioxide 26

T

Tegangan permukaan 122, 124
toksisitas 24
toxic 4
Trinitrotaluen 2
Tungsten 49
Turbulen 117

U

ultrasonik 27
ultra violet 38, 42, 50, 53, 56

V

Van der Waals 119, 120, 121
viskositas , 102, 103, 104, 105,
106, 107, 108, 109, 112, 113,
114, 117

W

W.H. Stall 31
Wolfarm 49
wolfram ix, 54

Y

yield 25

Z

zat aktif 76, 78

