

BAB I

LAHIRNYA TEORI ATOM

A. Lahirnya Teori Atom

Kimia modern berdasarkan atas teori atom. Untuk memahami teori atom, Anda pertama harus mempelajari hukum-hukum fundamental termasuk hukum kekekalan massa, hukum perbandingan tetap, dan hukum perbandingan berganda. Hukum-hukum ini adalah dasar teori atom dan pada saat yang sama merepresentasikan kesimpulan yang ditarik dari teori atom. Namun, teori atom sendiri tidak lengkap. Kimia dapat menjadi sistem yang konsisten sejak teori atom dikombinasikan dengan konsep molekul. Di masa lalu, keberadaan atom hanyalah hipotesis. Di awal abad ke-20 teori atom akhirnya terbukti. Juga menjadi jelas bahwa atom terdiri atas partikel-partikel yang lebih kecil. Teori atom saat ini secara perlahan berkembang sejalan dengan perkembangan ini dan menjadi kerangka dunia material dengan perkembangan ini dan menjadi kerangka dunia material.

Kimia modern dimulai oleh kimiawan Perancis Antoine Lavoisier (1743-1794). Ia menemukan hukum kekekalan massa dalam reaksi kimia, dan mengungkap peran oksigen dalam pembakaran. Berdasarkan prinsip ini, kimia maju di arah yang benar. Sebenarnya oksigen ditemukan secara independen oleh dua kimiawan, kimiawan Inggris Joseph Priestley (1733-1804) dan kimiawan Swedia Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), di penghujung abad ke-18. Jadi, hanya sekitar dua ratus tahun sebelum kimia modern lahir. Dengan

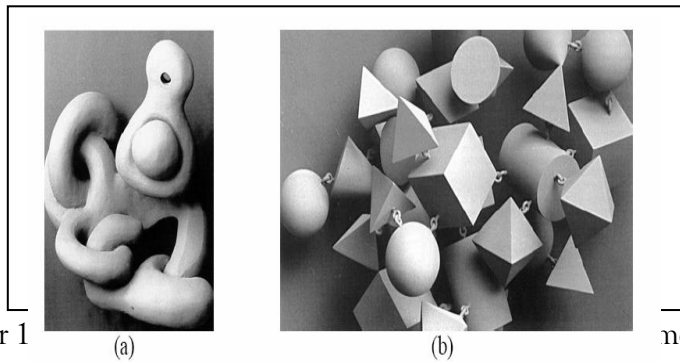
demikian, kimia merupakan ilmu pengetahuan yang relatif muda bila dibandingkan dengan fisika dan matematika, keduanya telah berkembang beberapa ribu tahun.

Namun alkimia, metalurgi dan farmasi di zaman kuno dapat dianggap sebagai akar kimia. Banyak penemuan yang dijumpai oleh orang-orang yang terlibat aktif di bidang-bidang ini berkontribusi besar pada kimia modern walaupun alkimia didasarkan atas teori yang salah. Lebih lanjut, sebelum abad ke-18, metalurgi dan farmasi sebenarnya didasarkan atas pengalaman saja dan bukan teori. Jadi, nampaknya tidak mungkin titik-titik awal ini yang kemudian berkembang menjadi kimia modern. Berdasarkan hal-hal ini dan sifat kimia modern yang terorganisir baik dan sistematis metodologinya, akar sebenarnya kimia modern mungkin dapat ditemui di filosofi Yunani kuno.

Jalan dari filosofi Yunani kuno ke teori atom modern tidak selalu mulus. Di Yunani kuno, ada perselisihan yang tajam antara teori atom dan penolakan keberadaan atom. Sebenarnya, teori atom tetap tidak ortodoks dalam dunia kimia dan sains. Orang-orang terpelajar tidak tertarik pada teori atom sampai abad ke-18. Di awal abad ke-19, kimiawan Inggris John Dalton (1766-1844) melahirkan ulang teori atom Yunani kuno. Bahkan setelah kelahirannya kembali ini, tidak semua ilmuwan menerima teori atom. Tidak sampai awal abad 20 teori atom, akhirnya dibuktikan sebagai fakta, bukan hanya hipotesis. Hal ini dicapai dengan percobaan yang terampil oleh kimiawan Perancis Jean Baptiste Perrin (1870-1942). Jadi, perlu waktu yang cukup panjang untuk menetapkan dasar kimia modern.

Sebagaimana dicatat sebelumnya, kimia adalah ilmu yang relatif muda. Akibatnya, banyak yang masih harus dikerjakan sebelum kimia dapat mengklaim untuk mempelajari materi, dan melalui pemahaman materi ini memahami alam ini. Jadi, sangat penting di saat awal pembelajaran kimia kita meninjau ulang secara singkat bagaimana kimia

berkembang sejak kelahirannya. Sebagaimana disebut tadi, akar kimia modern adalah teori atom yang dikembangkan oleh filsuf Yunani kuno. Filosofi atomik Yunani kuno sering dihubungkan dengan Democritus (kira-kira 460BC- kira-kira 370 BC). Namun, tidak ada tulisan Democritus yang tinggal. Oleh karena itu, sumber kita haruslah puisi panjang “*De rerum natura*” yang ditulis oleh seniman Romawi Lucretius (kira-kira 96 BC- kira-kira 55 BC).



Gambar 1
gambarai

(a)

(b)

penduga
miawan

Jerman telah menyarankan gambaran atom sebagaimana dibayangkan Democritus. (a) atom zat yang manis (b) zat yang pahit (direproduksi dari: F. Berr, W. Pricha, *Atommodelle*, Deutsches Museum, 1987.)

Atom yang dipaparkan oleh Lucretius memiliki kemiripan dengan molekul modern. Anggur (*wine*) dan minyak zaitun, misalnya memiliki atom-atom sendiri. Atom adalah entitas abstrak. Atom memiliki bentuk yang khas dengan fungsi yang sesuai dengan bentuknya. "Atom anggur bulat dan mulus sehingga dapat melewati kerongkongan dengan mulus sementara atom kina kasar dan akan sukar melalui kerongkongan". Teori struktural modern molekul menyatakan bahwa terdapat hubungan yang sangat dekat antara struktur molekul dan fungsinya. Walaupun filosofi yang terartikulasi oleh Lucretius tidak didukung oleh bukti yang didapat dari percobaan, inilah awal kimia modern.

Dalam periode yang panjang sejak zaman kuno sampai zaman pertengahan, teori atom tetap In heretikal (berlawanan dengan teori yang

umum diterima) sebab teori empat unsur (air, tanah, udara dan api) yang diusulkan filsuf Yunani kuno Aristotole (384 BC-322 BC) menguasai. Ketika otortas Aristotles mulai menurun di awal abad modern, banyak filsuf dan ilmuwan mulai mengembangkan teori yang dipengaruhi teori atom Yunani. Gambaran materi tetap dipegang oleh filsuf Perancis Rene Descartes (1596-1650), filsuf Jerman Gottfried Wilhelm Freiherr von Leibniz (1646-1716), dan ilmuwan Inggris Sir Issac Newton (1642-1727) yang lebih kurang dipengaruhi teori atom. Di awal abad ke-19, teori atom sebagai filosofi materi telah dikembangkan dengan baik oleh Dalton yang mengembangkan teori atomnya berdasarkan peran atom dalam reaksi kimia. Teori atomnya dirangkumkan sebagai berikut:

B. Teori Atom Dalton

Di awal abad ke-19, teori atom sebagai filosofi materi telah dikembangkan dengan baik oleh Dalton yang mengembangkan teori atomnya berdasarkan peran atom dalam reaksi kimia. Teori atomnya dirangkumkan sebagai berikut:

- (a) partikel dasar yang menyusun unsur adalah atom. Semua atom unsur tertentu identik.
- (b) massa atom yang berjenis sama akan identik tetapi berbeda dengan massa atom unsur jenis lain.
- (c) keseluruhan atom terlibat dalam reaksi kimia. Keseluruhan atom akan membentuk senyawa. Jenis dan jumlah atom dalam senyawa tertentu tetap.

Dasar teoritik teori Dalton terutama didasarkan pada hukum kekekalan massa dan hukum perbandingan tetap¹, keduanya telah ditemukan sebelumnya, dan hukum perbandingan berganda² yang dikembangkan oleh Dalton sendiri Atom Democritos dapat dikatakan sebagai sejenis miniatur materi. Jadi jumlah jenis atom akan sama

dengan jumlah materi. Di pihak lain, atom Dalton adalah penyusun materi, dan banyak senyawa dapat dibentuk oleh sejumlah terbatas atom. Jadi, akan terdapat sejumlah terbatas jenis atom. Teori atom Dalton mensyaratkan proses dua atau lebih atom bergabung membentuk materi. Hal ini merupakan alasan mengapa atom Dalton disebut atom kimia.

Bukti keberadaan atom

Ketika Dalton mengusulkan teori atomnya, teorinya menarik cukup banyak perhatian. Namun, teorinya ini gagal mendapat dukungan penuh. Beberapa pendukung Dalton membuat berbagai usaha penting untuk mempersuasi yang melawan teori ini, tetapi beberapa oposisi masih tetap ada. Kimia saat itu belum cukup membuktikan keberadaan atom dengan percobaan. Jadi teori atom tetap merupakan hipotesis. Lebih lanjut, sains setelah abad ke-18 mengembangkan berbagai percobaan yang membuat banyak saintis menjadi skeptis pada hipotesis atom. Misalnya, kimiawan tenar seperti Sir Humphry Davy (1778-1829) dan Michael Faraday (1791-1867), keduanya dari Inggris, keduanya ragu pada teori atom.

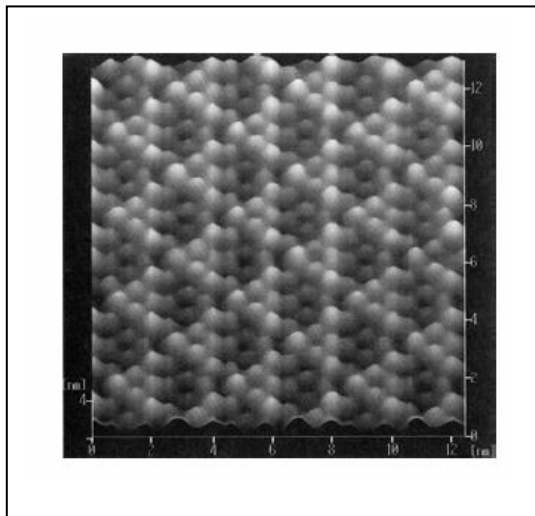
Sementara teori atom masih tetap hipotesis, berbagai kemajuan besar dibuat di berbagai bidang sains. Salah satunya adalah kemunculan termodinamika yang cepat di abad 19. Kimia struktural saat itu yang direpresentasikan oleh teori atom hanyalah masalah akademik dengan sedikit kemungkinan aplikasi praktis. Tetapi termodinamika yang diturunkan dari isu praktis seperti efisiensi mesin uap nampak lebih penting. Ada kontroversi yang sangat tajam antara atomis dengan yang mendukung termodinamika. Debat antara fisikawan Austria Ludwig Boltzmann (1844-1906) dan kimiawan Jerman Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) dengan fisikawan Austria Ernst Mach (1838-1916) pantas dicatat. Debat ini berakibat buruk, Boltzmann bunuh diri. Di awal abad 20, terdapat perubahan besar dalam minat sains. Sederet penemuan penting, termasuk keradioaktifan, menimbulkan minat pada

sifat atom, dan lebih umum, sains struktural. Bahwa atom ada secara percobaan dikonfirmasi dengan percobaan kesetimbangan sedimentasi oleh Perrin. Botanis Inggris, Robert Brown (1773-1858) menemukan gerak takberaturan partikel koloid dan gerakan ini disebut dengan gerak Brow, untuk menghormatinya. Fisikawan Swiss Albert Einstein (1879-1955) mengembangkan teori gerak yang berdasarkan teori atom. Menurut teori ini, gerak Brown dapat diungkapkan dengan persamaan yang memuat bilangan Avogadro.

$$D = (RT/N) \cdot (1/6\pi\alpha\eta) \quad (1.1)$$

D adalah gerakan partikel, R tetapan gas, T temperatur, N bilangan Avogadro, α jari-jari partikel dan η viskositas larutan. Inti ide Perrin adalah sebagai berikut. Partikel koloid bergerak secara random dengan gerak Brown dan secara simultan mengendap ke bawah oleh pengaruh gravitasi. Kesetimbangan sedimentasi dihasilkan oleh kesetimbangan dua gerak ini, gerak random dan sedimentasi. Perrin dengan teliti mengamati distribusi partikel koloid, dan dengan bantuan persamaan 1.1 dan datanya, ia mendapatkan bilangan Avogadro. Mengejutkan nilai yang didapaknya cocok dengan bilangan Avogadro yang diperoleh dengan metoda lain yang berbeda. Kecocokan ini selanjutnya membuktikan kebenaran teori atom yang menjadi dasar teori gerak Brown. Tidak perlu disebutkan, Perrin tidak dapat mengamati atom secara langsung. Apa yang dapat dilakukan saintis waktu itu, termasuk Perrin, adalah menunjukkan bahwa bilangan Avogadro yang didapatkan dari sejumlah metoda yang berbeda berdasarkan teori atom identik. Dengan kata lain mereka membuktikan teori atom secara tidak langsung dengan konsistensi logis Dalam kerangka kimia modern, metodologi seperti ini masih penting. Bahkan sampai hari ini masih tidak mungkin mengamati langsung partikel sekecil atom dengan mata telanjang atau mikroskop optic. Untuk mengamati langsung dengan sinar tampak, ukuran partikelnya harus lebih besar daripada panjang gelombang sinar tampak.

Panjang gelombang sinar tampak ada dalam rentang $4,0 \times 10^{-7}$ - $7,0 \times 10^{-7}$ m, yang besarnya 1000 kali lebih besar daripada ukuran atom jadi jelas di luar rentang alat optis untuk mengamati atom. Dengan bantuan alat baru seperti mikroskop electron (EM) atau *scanning tunneling microscope* (STM), ketidakmungkinan ini dapat diatasi. Walaupun prinsip mengamati atom dengan alat ini, berbeda dengan apa yang terlibat dengan mengamati bulan atau bunga, kita dapat mengatakan bahwa kita kini dapat mengamati atom secara langsung.



Gambar 1.2 Akhirnya kita dapat mengamati atom³. Fotograf permukaan kristal silikon diamati dengan STM.

Komponen - Komponen Materi

Atom

Dunia Kimia berdasarkan teori atom, satuan terkecil materi adalah atom. Materi didefinisikan sebagai kumpulan atom. Atom adalah komponen terkecil unsure yang tidak akan mengalami perubahan dalam reaksi Kimia. Semua atom terdiri atas komponen yang

sama, sebuah inti dan electron. Diameter inti sekitar 10^{-15} - 10^{-14} m, yakni sekitar 1/10 000 besarnya atom. Lebih dari 99% massa atom terkonsentrasi di inti. Inti terdiri atas proton dan neutron, dan jumlahnya menentukan sifat unsur. Massa proton sekitar $1,67 \times 10^{-27}$ kg dan memiliki muatan positif, $1,60 \times 10^{-19}$ C (Coulomb). Muatan ini adalah satuan muatan listrik terkecil dan disebut muatan listrik elementer. Inti memiliki muatan listrik positif yang jumlahnya bergantung pada jumlah proton yang dikandungnya. Massa neutron hampir sama dengan massa proton, tetapi neutron tidak memiliki muatan listrik. Elektron adalah partikel dengan satuan muatan negatif, dan suatu atom tertentu mengandung sejumlah elektron yang sama dengan jumlah proton yang ada di inti atomnya. Jadi atom secara listrik bermuatan netral. Sifat partikel-partikel yang menyusun atom dirangkumkan di Tabel 1.1.

	massa (kg)	Massa	Muatan
proton	$1,672623 \times 10^{-27}$	1836	$1,602189 \times 10^{-19}$
neutron	$1,674929 \times 10^{-27}$	1839	0
elektron	$9,109390 \times 10^{-31}$	1	$-1,602189 \times 10^{-19}$

Jumlah proton dan elektron yang dimiliki oleh unsur menentukan sifat Kimia unsur. Jumlah neutron mungkin bervariasi. Suatu unsur tertentu akan selalu memiliki nomor atom yang sama tetapi mungkin memiliki jumlah neutron yang berbeda-beda. Varian-varian ini disebut isotop. Sebagai contoh hidrogen memiliki isotop yang dituliskan di tabel berikut:

Tabel 1.2 Isotop-isotop
hidrogen

simbol dan	jumlah proton	Jumlah neutron
^1H hidrogen	1	0
^2H deuterium,	1	1
^3H tritium, T	1	2

Banyak unsur yang ada alami di alam memiliki isotop-isotop. Beberapa memiliki lebih dari dua isotop. Sifat kimia isotop sangat mirip, hanya nomor massanya yang berbeda.

Molekul

Komponen independen netral terkecil materi disebut molekul. Molekul monoatomik terdiri dari satu atom (misalnya, Ne). Molekul poliatomik terdiri lebih banyak atom (misalnya, CO_2). Jenis ikatan antar atom dalam molekul poliatomik disebut ikatan kovalen. Salah satu alasan mengapa diperlukan waktu yang lama sampai teori atom diterima dengan penuh adalah sebagai berikut. Dalam teorinya Dalton menerima keberadaan molekul (dalam terminologi modern) yang dibentuk oleh kombinasi atom yang berbeda-beda, tetapi ia tidak menerima ide molekul diatomik untuk unsur seperti oksigen, hidrogen atau nitrogen yang telah diteliti dengan intensif waktu itu. Dalton percaya pada apa yang disebut “prinsip tersederhana”⁴ dan berdasarkan prinsip ini, ia secara otomatis mengasumsikan bahwa unsur seperti hidrogen dan oksigen adalah monoatomik. Kimiawan Perancis Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) mengusulkan **hukum reaksi gas** yang menyatakan bahwa dalam reaksi gas, perbandingan volume adalah bilangan bulat. Teori atom Dalton tidak memberikan rasional hukum ini. Di tahun 1811, kimiawan Italia Amedeo Avogadro (1776-1856) mengusulkan unsur gas seperti hidrogen dan oksigen yang bukan monoatomik tetapi diatomik. Lebih lanjut, ia juga mengusulkan bahwa pada temperatur dan tekanan tetap, semua gas dalam volume tertentu mengandung jumlah partikel

yang sama. Hipotesis ini awalnya disebut **hipotesis Avogadro**, tetapi kemudian disebut **hukum Avogadro**. Hukum Avogadro memberikan dasar penentuan massa atom relatif, yakni massa atom (secara nal disebut berat atom). Pentingnya massa atom ini lambat disadari. Kimiawan Italia Stanislao Cannizzaro (1826-1910) menyadari pentingnya hipotesis Avogadro dan validitasnya di *International Chemical Congress* yang diselenggarakan di Karlsruhe, Germany, di tahun 1860, yang diadakan untuk mendiskusikan kesepakatan internasional untuk standar massa atom. Sejak itu, validitas hipotesis Avogadro secara perlahan diterima.

Ion

Atom atau kelompok atom yang memiliki muatan listrik disebut ion. Kation adalah ion yang memiliki muatan positif, anion memiliki muatan negatif. Tarikan listrik akan timbul antara kation anion. Dalam kristal natrium khlorida (NaCl dan), ion natrium (Na^+) dan ion khlorida (Cl^-) diikat dengan tarikan listrik. Jenis ikatan ini disebut ikatan ion.

C. Stoikiometri

Di awal kimia, aspek kuantitatif perubahan kimia, yakni **stoikiometri** reaksi kimia, tidak mendapat banyak perhatian. Bahkan saat perhatian telah diberikan, teknik dan alat percobaan tidak menghasilkan hasil yang benar.

Salah satu contoh melibatkan **teori flogiston**. Flogistonis mencoba menjelaskan fenomena pembakaran dengan istilah “zat dapat terbakar”. Menurut para flogitonis, pembakaran adalah pelepasan zat dapat etrbakar (dari zat yang terbakar). Zat ini yang kemudian disebut “flogiston”. Berdasarkan teori ini, mereka mendefinisikan pembakaran sebagai pelepasan flogiston dari zat terbakar. Perubahan massa kayu bila terbakar cocok dengan baik dengan teori ini. Namun, perubahan massa logam ketika dikalsinasi tidak cocok dengan teori ini. Walaupun

demikian flogistonis menerima bahwa kedua proses tersebut pada dasarnya identik. Peningkatan massa logam terkalsinasi adalah merupakan fakta. Flogistonis berusaha menjelaskan anomali ini dengan menyatakan bahwa flogiston bermassa negatif. Filsuf dari Flanders Jan Baptista van Helmont (1579-1644) melakukan percobaan “willow” yang terkenal. Ia menumbuhkan bibit willow setelah mengukur massa pot bunga dan tanahnya. Karena tidak ada perubahan massa pot bunga dan tanah saat benihnya tumbuh, ia menganggap bahwa massa yang didapatkan hanya karena air yang masuk ke bijih. Ia menyimpulkan bahwa “akar semua materi adalah air”. Berdasarkan pandangan saat ini, hipotesis dan percobaannya jauh dari sempurna, tetapi teorinya adalah contoh yang baik dari sikap aspek kimia kuantitatif yang sedang tumbuh. Helmont mengenali pentingnya stoikiometri, dan jelas mendahului zamannya. Di akhir abad 18, kimiawan Jerman Jeremias Benjamin Richter (1762-1807) menemukan konsep ekuivalen (dalam istilah kimia modern ekuivalen kimia) dengan pengamatan teliti reaksi asam/basa, yakni hubungan kuantitatif antara asam dan basa dalam reaksi netralisasi. Ekuivalen Richter, atau yang sekarang disebut ekuivalen kimia, mengindikasikan sejumlah tertentu materi dalam reaksi. Satu ekuivalen dalam netralisasi berkaitan dengan hubungan antara sejumlah asam dan sejumlah basa untuk mentralkannya. Pengetahuan yang tepat tentang ekuivalen sangat penting untuk menghasilkan sabun dan serbuk mesiu yang baik. Jadi, pengetahuan seperti ini sangat penting secara praktis. Pada saat yang sama Lavoisier menetapkan hukum kekekalan massa, dan memberikan dasar konsep ekuivalen dengan percobaannya yang akurat dan kreatif. Jadi, stoikiometri yang menangani aspek kuantitatif reaksi kimia menjadi metodologi dasar kimia. Semua hukum fundamental kimia, dari hukum kekekalan massa, hukum perbandingan tetap sampai hukum reaksi gas semua didasarkan stoikiometri. Hukum-hukum fundamental ini merupakan dasar teori atom, dan secara

konsisten dijelaskan dengan teori atom. Namun, menarik untuk dicatat bahwa, konsep ekuivalen digunakan sebelum teori atom dikenalkan.

D.

Massa

Atom Relatif dan Massa Atom

Dalton mengenali bahwa penting untuk menentukan massa setiap atom karena massanya bervariasi untuk setiap jenis atom. Atom sangat kecil sehingga tidak mungkin menentukan massa satu atom. Maka ia memfokuskan pada nilai relatif massa dan membuat tabel massa atom (gambar 1.3) untuk pertamakalinya dalam sejarah manusia. Dalam tabelnya, massa unsur teringan, hydrogen ditetapkan satu sebagai standar ($H = 1$). Massa atom adalah nilai relatif, artinya suatu rasio tanpa dimensi. Walaupun beberapa massa atomnya berbeda dengan nilai modern, sebagian besar nilai-nilai yang diusulkannya dalam rentang kecocokan dengan nilai saat ini. Hal ini menunjukkan bahwa ide dan percobaannya benar.

ELEMENTS				
○	Hydrogen	1	Strontian	46
⊖	A: ore	5	Barytes	68
●	Carbon	5	Iron	50
○	Oxygen	7	Zinc	56
⊕	Phosphorus	9	Copper	56
⊕	Sulphur	13	Lead	90
⊕	Magnesia	20	Silver	190
⊕	Lime	24	Gold	190
⊕	Soda	28	Platina	190
⊕	Potash	42	Mercury	167

Gambar 1.3 Tabel Dalton yang mendaftarkan simbol dan massa atom unsur. Tabel ini dibuat tahun 1807, dan kini menjadi salah satu koleksi *The Science Museum* di London

Kemudian kimiawan Swedia Jons Jakob Baron Berzelius (1779-1848) menentukan massa atom dengan oksigen sebagai standar (O = 100). Karena Berzelius mendapatkan nilai ini berdasarkan analisis oksida, ia mempunyai alasan yang jelas untuk memilih oksigen sebagai standar. Namun, standar hidrogen jelas lebih unggul dalam hal kesederhanaannya. Kini, setelah banyak diskusi dan modifikasi, standar karbon digunakan.

Dalam metoda ini, massa karbon ^{12}C dengan 6 proton dan 6 neutron didefinisikan sebagai 12,0000. Massa atom dari suatu atom adalah massa relatif pada standar ini. Walaupun karbon telah dinyatakan sebagai standar, sebenarnya cara ini dapat dianggap sebagai standar hidrogen yang dimodifikasi.

Soal Latihan 1.1 Perubahan massa atom disebabkan perubahan standar. Hitung massa atom hidrogen dan karbon menurut standar Berzelius (O = 100). Jawablah dengan menggunakan satu tempat desimal. Jawab, Massa atom hidrogen = $1 \times (100/16) = 6,25$ (6,3), massa atom karbon = $12 \times (100/16) = 75,0$

Massa atom hampir semua unsur sangat dekat dengan bilangan bulat, yakni kelipatan bulat massa atom hidrogen. Hal ini merupakan kebetulan alami fakta bahwa massa atom hidrogen sama dengan massa proton, yang selanjutnya hampir sama dengan massa neutron, dan massa elektron sangat kecil hingga dapat diabaikan. Namun, sebagian besar unsur yang ada secara alami adalah campuran beberapa isotop, dan massa atom bergantung pada distribusi isotop. Misalnya, massa atom hidrogen dan oksigen adalah 1,00704 dan 15,9994. Massa atom oksigen sangat dekat dengan nilai 16 agak sedikit lebih kecil.

Contoh Soal 1.2 Perhitungan massa atom. Hitung massa atom magnesium dengan menggunakan distribusi isotop berikut: ^{24}Mg : 78,70%; ^{25}Mg : 10,13%; ^{26}Mg : 11,17%.

Jawab:

$$0,7870 \times 24 + 0,1013 \times 25 + 0,1117 \times 26 = 18,89 + 2,533 + 2,904 = 24,327 \text{ (amu)}$$

l. Massa atom Mg = $18,89 + 2,533 + 2,904 = 24,327$ (amu).

Perbedaan kecil dari massa atom yang ditemukan di tabel periodik (24,305) hasil dari perbedaan cara dalam membulatkan angkanya.

Massa Molekul dan Massa Rumus

Setiap senyawa didefinisikan oleh rumus kimia yang mengindikasikan jenis dan jumlah atom yang menyusun senyawa tersebut. Massa rumus (atau massa rumus kimia) didefinisikan sebagai jumlah massa atom berdasarkan jenis dan jumlah atom yang terdefinisi dalam rumus kimianya. Rumus kimia molekul disebut rumus molekul, dan massa rumus kimianya disebut dengan massa molekul.⁵ Misalkan, rumus molekul karbon dioksida adalah CO_2 , dan massa molekularnya adalah $12 + (2 \times 16) = 44$. Seperti pada massa atom, baik massa rumus dan massa molekul tidak harus bilangan bulat. Misalnya, massa molekul hidrogen klorida HCl adalah 36,5. Bahkan bila jenis dan jumlah atom yang menyusun molekul identik, dua molekul mungkin memiliki massa molekul yang berbeda bila ada isotop berbeda yang terlibat.

Contoh Soal 1.3 Massa molekular molekul yang mengandung isotop. Hitung massa molekular air H₂O dan air berat D₂O ($^2\text{H O}$) dalam bilangan bulat.

Jawab:

Massa molekular $\text{H}_2\text{O} = 1 \times 2 + 16 = 18$, massa molekular $\text{D}_2\text{O} = (2 \times 2) + 16 = 20$ Perbedaan massa molekular H_2O dan D_2O sangat substansial, dan perbedaan ini sifat fisika dan kimia anantara kedua jenis senyawa ini tidak dapat diabaikan. H_2O lebih mudah dielektrolisis daripada D_2O . Jadi, sisa air setelah elektrolisis cenderung mengandung lebih banyak D_2O daripada dalam air alami.

Kuantitas materi dan mol

Metoda kuantitatif yang paling cocok untuk mengungkapkan jumlah materi adalah jumlah partikel seperti atom, molekul yang menyusun materi yang sedang dibahas. Namun, untuk menghitung partikel atom atau⁶ molekul yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat sangat sukar. Alih-alih menghitung jumlah partikel secara langsung jumlah partikel, kita dapat menggunakan massa sejumlah tertentu partikel. Kemudian, bagaimana sejumlah tertentu bilangan dipilih? Untuk menyingkat cerita, jumlah partikel dalam 22,4 L gas pada STP (0°C , 1 atm) dipilih sebagai jumlah standar. Bilangan ini disebut dengan bilangan Avogadro. Nama bilangan Loschmidt juga diusulkan untuk menghormati kimiawan Austria Joseph Loschmidt (1821-1895) yang pertama kali dengan percobaan (1865). Sejak 1962, menurut SI (*Systeme Internationale*) diputuskan bahwa dalam dunia kimia, mol digunakan sebagai satuan jumlah materi. Bilangan Avogadro didefinisikan jumlah atom karbon dalam 12 g ^{12}C dan dinamakan ulang konstanta Avogadro. Definisi mol:

- (i) Jumlah materi yang mengandung sejumlah partikel yang terkandung dalam 12 g ^{12}C .
- (ii) Satu mol materi yang mengandung sejumlah konstanta Avogadro partikel.
- (iii) Sejumlah materi yang mengandung $6,02 \times 10^{23}$ partikel dalam satu mol.

Satuan massa atom (sma)

Karena standar massa atom dalam sistem Dalton adalah massa hidrogen, standar massa dalam SI tepat $1/12$ massa ^{12}C . Nilai ini disebut dengan satuan massa atom (sma) dan sama dengan $1,6605402 \times 10^{-27}$ kg dan D (Dalton) digunakan sebagai simbolnya. Massa atom didefinisikan sebagai rasio rata-rata sma unsur dengan distribusi isotop alaminya dengan $1/12$ sma ^{12}C .

BAB II

STRUKTUR ATOM

A. Struktur Atom

Kemajuan yang sangat pesat dalam sains paruh pertama abad 20 ditandai dengan perkembangan paralel teori dan percobaan. Sungguh menakjubkan mengikuti perkembangan saintifik sebab kita dapat dengan jelas melihat dengan jelas berbagai lompatan perkembangan ini. Sungguh kemajuan dari penemuan elektron, sampai teori kuantum Planck, sampai penemuan inti atom Rutherford, teori Bohr, sampai dikenalkan teori mekanika kuantum merangsang kepuasan intelektual. Dalam kimia penemuan ide umum orbital dan konfigurasi elektron memiliki signifikansi khusus. Ide-ide ini dapat dianggap sebagai baik modernisasi dan pelengkapan teori atom.

Penemuan Elektron

Menurut Dalton dan ilmuwan sebelumnya, atom tak terbagi, dan merupakan komponen mikroskopik utama materi. Jadi, tidak ada seorangpun ilmuwan sebelum abad 19 menganggap atom memiliki struktur, atau dengan kata lain, atom juga memiliki komponen yang lebih kecil. Keyakinan bahwa atom tak terbagi mulai goyah akibat perkembangan pengetahuan hubungan materi dan kelistrikan yang berkembang lebih lanjut. Anda dapat mempelajari perkembangan

kronologis pemahaman hubungan antara materi dan listrik. Faraday memberikan kontribusi yang sangat penting, ia menemukan bahwa jumlah zat yang dihasilkan di elektroda-elektroda saat elektrolisis (perubahan kimia ketika arus listrik melewati larutan elektrolit) sebanding dengan jumlah arus listrik. Ia juga menemukan di tahun 1833 bahwa jumlah listrik yang diperlukan untuk menghasilkan 1 mol zat di elektroda adalah tetap (96,500 C). Hubungan ini dirangkumkan sebagai **hukum elektrolisis Faraday**.

Faraday sendiri tidak bermaksud menggabungkan hukum ini dengan teori atom. Namun, kimiawan Irish George Johnstone Stoney (1826-1911) memiliki wawasan sehingga mengenali pentingnya hukum Faraday pada struktur materi; ia menyimpulkan bahwa terdapat satuan dasar dalam elektrolisis, dengan kata lain ada analog atom untuk kelistrikan. Ia memberi nama **elektron** pada satuan hipotetik ini. Kemudian muncul penemuan menarik dari percobaan tabung vakum. Bila kation mengenai anoda bila diberikan beda potensial yang tinggi pada tekanan rendah (lebih rendah dari $10^{-2} - 10^{-4}$ Torr⁶), gas dalam tabung, walaupun merupakan insulator, menjadi penghantar dan memancarkan cahaya. Bila vakumnya ditingkatkan, dindingnya mulai menjadi mengkilap, memancarkan cahaya fluoresensi. Fisikawan Jerman Julius Plücker (1801 Faraday memberikan kontribusi yang sangat penting, ia menemukan bahwa jumlah zat yang dihasilkan di elektroda-elektroda saat elektrolisis (perubahan kimia ketika arus listrik melewati larutan elektrolit) sebanding dengan jumlah arus listrik. Ia juga menemukan di tahun 1833 bahwa jumlah listrik yang diperlukan untuk menghasilkan 1 mol zat di elektroda adalah tetap (96,500 C). Hubungan ini dirangkumkan sebagai **hukum elektrolisis Faraday**. Faraday sendiri tidak bermaksud menggabungkan hukum ini dengan teori atom. Namun, kimiawan Irish George Johnstone Stoney (1826-1911) memiliki wawasan sehingga mengenali pentingnya hukum Faraday pada struktur materi; ia menyimpulkan bahwa terdapat satuan dasar dalam elektrolisis,

dengan kata lain ada analog atom untuk kelistrikan. Ia memberi nama **elektron** pada satuan hipotetik ini. Kemudian muncul penemuan menarik dari percobaan tabung vakum. Bila kation mengenai anoda bila diberikan beda potensial yang tinggi pada tekanan rendah (lebih rendah dari 10^{-2} - 10^{-4} Torr⁶), gas dalam tabung, walaupun merupakan insulator, menjadi penghantar dan memancarkan cahaya. Bila vakumnya ditingkatkan, dindingnya mulai menjadi mengkilap, memancarkan cahaya fluoresensi (Gambar 2.1). Fisikawan Jerman Julius Plücker (1801-1868) memberikan kontribusi yang sangat penting, ia menemukan bahwa jumlah zat yang dihasilkan di elektroda-elektroda saat elektrolisis (perubahan kimia ketika arus listrik melewati larutan elektrolit) sebanding dengan jumlah arus listrik. Ia juga menemukan di tahun 1833 bahwa jumlah listrik yang diperlukan untuk menghasilkan 1 mol zat di elektroda adalah tetap (96,500 C). Hubungan ini dirangkumkan sebagai **hukum elektrolisis Faraday**.

Faraday sendiri tidak bermaksud menggabungkan hukum ini dengan teori atom. Namun, kimiawan Irish George Johnstone Stoney (1826-1911) memiliki wawasan sehingga mengenali pentingnya hukum Faraday pada struktur materi; ia menyimpulkan bahwa terdapat satuan dasar dalam elektrolisis, dengan kata lain ada analog atom untuk kelistrikan. Ia memberi nama **elektron** pada satuan hipotetik ini. Kemudian muncul penemuan menarik dari percobaan tabung vakum. Bila kation mengenai anoda bila diberikan beda potensial yang tinggi pada tekanan rendah (lebih rendah dari 10^{-2} - 10^{-4} Torr⁶), gas dalam tabung, walaupun merupakan insulator, menjadi penghantar dan memancarkan cahaya. Bila vakumnya ditingkatkan, dindingnya mulai menjadi mengkilap, memancarkan cahaya fluoresensi (Gambar 2.1). Fisikawan Jerman Julius Plücker (1801-1868) berminat pada fenomena ini dan menginterpretasinya sebagai berikut: beberapa partikel dipancarkan dari katoda. Ia memberi nama sinar katoda pada partikel yang belum

teridentifikasi ini (1859). Partikel yang belum teridentifikasi ini, setelah dipancarkan dari katoda, akan menuju dinding tabung atau anoda. Ditemukan bahwa partikel tersebut bermuatan karena lintasan gerakannya akan dibelokkan bila medan magnet diberikan. Lebih lanjut, sifat cahaya tidak bergantung jenis logam yang digunakan dalam tabung katoda, maupun jenis gas dalam tabung pelucut ini. Fakta-fakta ini menyarankan kemungkinan bahwa partikel ini merupakan bahan dasar materi. Fisikawan Inggris Joseph John Thomson (1856-1940) menunjukkan bahwa partikel ini bermuatan negatif. Ia lebih lanjut menentukan massa dan muatan partikel dengan memperkirakan efek medan magnet dan listrik pada gerakan partikel ini. Ia mendapatkan rasio massa dan muatannya. Untuk mendapatkan nilai absolutnya, salah satu dari dua tersebut harus ditentukan.

Fisikawan Amerika Robert Andrew Millikan (1868-1953) berhasil membuktikan dengan percobaan yang cerdas adanya partikel kelistrikan ini. Percobaan yang disebut dengan **percobaan tetes minyak Millikan**. Tetesan minyak dalam tabung jatuh akibat pengaruh gravitasi. Bila tetesan minyak memiliki muatan listrik, gerakannya dapat diatur dengan melawan gravitasi dengan berikan medan listrik. Gerakan gabungan ini dapat dianalisis dengan fisikan klasik. Millikan menunjukkan dengan percobaan ini bahwa muatan tetesan minyak selalu merupakan kelipatan $1,6 \times 10^{-19}$ C. Rasio muatan/massa partikel bermuatan yang telah diketahui selama ini sekitar 1/1000 (C/g). Ratio yang didapatkan Thomson jauh lebih tinggi nilai tersebut (nilai akurat yang diterima adalah $1,76 \times 10^8$ C/g), dan penemuan ini tidak masuk dalam struktur pengetahuan yang ada saat itu. Partikel ini bukan sejenis ion atau molekul, tetapi harus dianggap sebagai bagian atau fragmen atom.

B. Model Atom

Seperti telah disebutkan di bagian sebelumnya, ketakterbagian atom perlahan mulai dipertanyakan. Pada saat yang sama, perhatian pada struktur atom perlahan menjadi semakin besar. Bila orang mempelajari struktur atom, ukurannya harus dipertimbangkan. Telah diketahui bahwa sebagai pendekatan volume atom dapat diperkirakan dengan membagi volume 1 mol padatan dengan konstanta Avogadro. Dengan menganggap molekul air berbentuk kubus, hitung panjang sisi kubusnya. Dengan menggunakan nilai yang didapat, perkirakan ukuran kira-kira satu atom (nyatakan dengan notasi saintifik 10^x).

Jawab: Volume 1 mol air sekira 18 cm^3 . Jadi volume 1 molekul air: $v = 18 \text{ cm}^3 / 6 \times 10^{23} = 3 \times 10^{-23} \text{ cm}^3 = 30 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$. Panjang sisi kubus adalah $(30 \times 10^{-24})^{1/3} \text{ cm} = 3,1 \times 10^{-8} \text{ cm}$. Nilai ini mengindikasikan bahwa ukuran atom sekitar 10^{-8} cm .

Thomson mengasumsikan bahwa atom dengan dimensi sebesar itu adalah bola seragam bermuatan positif dan elektron-elektron kecil yang bermuatan negatif tersebar di bola tersebut. Dalam kaitan ini model Thomson sering disebut dengan “model bolu kismis”, kismisnya seolah elektron dan bolunya adalah atom.

Setelah melakukan banyak kemajuan dengan mempelajari keradioaktifan, fisikawan Inggris Ernest Rutherford (1871-1937) menjadi tertarik pada struktur atom, asal radiasi radioaktif. Ia menembaki lempeng tipis logam (ketebalan 10^4 atoms) dengan berkas paralel partikel α (di kemudian hari ditemukan bahwa partikel α adalah inti atom He). Ia merencanakan menentukan sudut partikel yang terhambur dengan menghitung jumlah sintilasi di layar ZnS. Hasilnya sangat menarik. Sebagian besar partikel melalui lempeng tersebut. Beberapa partikel terpental balik. Untuk menjelaskan hal yang tak terduga ini, Rutherford mengusulkan adanya inti atom. Menurut ide Rutherford, muatan positif atom terpusat di bagian pusat (dengan jari-jari terhitung sekitar 10^{-12}

cm) sementara muatan negatifnya terdispersi di seluruh ruang atom. Partikel kecil di pusat ini disebut dengan inti. Semua model atom sebelumnya sebagai ruang yang seragam dengan demikian ditolak. Namun, model atom Rutherford yang terdiri atas inti kecil dengan elektron terdispersi di sekitarnya tidak dapat menjelaskan semua fenomena yang dikenal. Bila elektron tidak bergerak, elektron akan bersatu dengan inti karena tarikan elektrostatis (gaya Coulomb). Hal ini jelas tidak mungkin terjadi sebab atom adalah kesatuan yang stabil. Bila elektron mengelilingi inti seperti planet dalam pengaruh gravitasi matahari, elektron akan mengalami percepatan dan akan kehilangan energi melalui radiasi elektromagnetik. Akibatnya, orbitnya akan semakin dekat ke inti dan akhirnya elektron akan jatuh ke inti. Dengan demikian, atom akan memancarkan spektrum yang kontinu. Tetapi faktanya, atom yang stabil dan diketahui atom memancarkan spektrum garis bukan spektrum kontinu. Jelas diperlukan perubahan fundamental dalam pemikiran untuk menjelaskan semua fakta-fakta percobaan ini.

C. Dasar-Dasar Teori Kuantum Klasik

Bila logam atau senyawanya dipanaskan di pembakar, warna khas logam akan muncul. Ini yang dikenal dengan reaksi nyala. Bila warna ini dipisahkan dengan prisma, beberapa garis spektra akan muncul, dan panjang gelombang setiap garis khas untuk logam yang digunakan. Misalnya, garis kuning natrium berkaitan dengan dua garis kuning dalam spektrumnya dalam daerah sinar tampak, dan panjang gelombang kedua garis ini adalah $5,890 \times 10^{-7}$ m dan $5,896 \times 10^{-7}$ m.

Bila gas ada dalam tabung vakum, dan diberi beda potensial tinggi, gas akan terlucuti dan memancarkan cahaya. Pemisahan cahaya yang dihasilkan dengan prisma akan menghasilkan garis spektra garis

diskontinyu. Karena panjang gelombang cahaya khas bagi atom, spektrum ini disebut dengan **spektrum atom**.

Fisikawan Swiss Johann Jakob Balmer (1825-1898) memisahkan cahaya yang diemisikan oleh hidrogen bertekanan rendah. Ia mengenali bahwa panjang gelombang λ deretan garis spektra ini dapat dengan akurat diungkapkan dalam persamaan sederhana (1885). Fisikawan Swedia Johannes Robert Rydberg (1854-1919) menemukan bahwa bilangan gelombang σ garis spektra dapat diungkapkan dengan persamaan berikut (1889).

Teori Bohr

Di akhir abad 19, fisikawan mengalami kesukaran dalam memahami hubungan antara panjang gelombang radiasi dari benda yang dipanaskan dan intensitasnya. Terdapat perbedaan yang besar antara prediksi berdasarkan teori elektromagnetisme dan hasil percobaan. Fisikawan Jerman Max Karl Ludwig Planck (1858-1947) berusaha menyelesaikan masalah yang telah mengecewakan fisikawan tahun-tahun itu dengan mengenalkan hipotesis baru yang kemudian disebut dengan hipotesis kuantum (1900).

Berdasarkan hipotesisnya, sistem fisik tidak dapat memiliki energi sembarang tetapi hanya diizinkan pada nilai-nilai tertentu. Dengan radiasi termal, yakni radiasi energi gelombang elektromagnetik dari zat, gelombang elektromagnetik dengan frekuensi ν dari permukaan padatan akan dihasilkan dari suatu osilator yang berosilasi di permukaan padatan pada frekuensi tersebut. Berdasarkan hipotesis Planck, energi osilator ini hanya dapat memiliki nilai diskontinyu sebagaimana diungkapkan dalam persamaan berikut.

$$\epsilon = nh\nu \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (2.2)$$

n adalah bilangan bulat positif dan h adalah tetapan, $6,626 \times 10^{-34}$ J s, yang disebut dengan tetapan Planck. Ide baru bahwa energi adalah

kuantitas yang diskontinyu tidak dengan mudah diterima komunitas ilmiah waktu itu. Planck sendiri menganggap ide yang ia usulkan hanyalah hipotesis yang hanya diperlukan untuk menyelesaikan masalah radiasi dari padatan. Ia tidak bertujuan meluaskan hipotesisnya menjadi prinsip umum.

Teori Bohr

- (i) Elektron dalam atom diizinkan pada keadaan stasioner tertentu. Setiap keadaan stasioner berkaitan dengan energi tertentu.
- (ii) Tidak ada energi yang dipancarkan bila elektron berada dalam keadaan stasioner ini. Bila elektron berpindah dari keadaan stasioner berenergi tinggi ke keadaan stasioner berenergi lebih rendah, akan terjadi pemancaran energi. Jumlah energinya, $h\nu$, sama dengan perbedaan energi antara kedua keadaan stasioner tersebut.
- (iii) Dalam keadaan stasioner manapun, elektron bergerak dalam orbit sirkular sekitar inti.
- (iv) Elektron diizinkan bergerak dengan suatu momentum sudut yang merupakan kelipatan bilangan bulat $h/2\pi$, yakni $mvr = n(h/2\pi)$, $n = 1, 2, 3, \dots$

Keterbatasan Teori Bohr

Keberhasilan teori Bohr begitu menakjubkan. Teori Bohr dengan sangat baik menggambarkan struktur atom hidrogen, dengan elektron berotasi mengelilingi inti dalam orbit melingkar. Kemudian menjadi jelas bahwa ada keterbatasan dalam teori ini. Setelah berbagai penyempurnaan, teori Bohr mampu menerangkan spektrum atom mirip hidrogen dengan satu elektron seperti ion helium He^+ . Namun, spektra atom atom poli-elektronik tidak dapat dijelaskan. Selain itu, tidak ada penjelasan persuasif tentang ikatan kimia dapat diperoleh. Dengan kata lain, teori Bohr adalah satu langkah ke arah teori struktur atom yang dapat berlaku bagi semua atom dan ikatan kimia. Pentingnya teori Bohr tidak dapat diremehkan karena teori ini dengan jelas

menunjukkan pentingnya teori kuantum untuk memahami struktur atom, dan secara lebih umum struktur materi.

Menurut **prinsip eksklusi Pauli**, hanya satu elektron dalam atom yang diizinkan menempati keadaan yang didefinisikan oleh kumpulan tertentu 4 bilangan kuantum, atau, paling banyak dua elektron dapat menempati satu orbital yang didefinisikan oleh tiga bilangan kuantum n , l dan m . Kedua elektron itu harus memiliki nilai m_s yang berbeda, dengan kata lain **spinnya antiparalel**, dan pasangan elektron seperti ini disebut dengan **pasangan elektron**. Kelompok elektron dengan nilai n yang sama disebut dengan kulit atau **kulit elektron**. Notasi yang digunakan untuk kulit elektron diberikan di Tabel 2.5.

n	1	2	3	4	5	6	7
simbol	K	L	M	N	O	P	Q

Tabel di atas merangkumkan jumlah maksimum elektron dalam tiap kulit, mulai kulit K sampai N. Bila atom dalam keadaan paling stabilnya, keadaan dasar, elektron-elektronnya akan menempati orbital dengan energi terendah, mengikuti prinsip Pauli.

BAB III

IKATAN KIMIA

A. Ikatan Kimia

Materi terdiri atas atom. Oleh karena kimia mempelajari materi, teori atom merupakan fondasi logis kimia. Namun, kimia tidak berbasiskan atom saja. Kimia pertama akan muncul ketika atom bergabung membentuk molekul. Proses yang menjelaskan bagaimana karakter hubungan atom dengan atom, yakni pembentukan ikatan kimia sangat berperan dalam perkembangan kimia. Untuk memahami ikatan kimia dengan sebenarnya diperlukan dukungan mekanika kuantum. Kini mekanika kuantum merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kimia. Jadi mekanika kuantum sangat diperlukan bagi yang ingin mempelajari betapa pentingnya ikatan kimia.

Teori ikatan kimia berdasarkan teori Bohr

Untuk mengetahui ikatan kimia dengan lebih dalam, atom harus dikenal dengan lebih dalam. Dari awal abad 20, pemahaman ilmuwan tentang struktur atom bertambah mendalam, dan hal ini mempercepat perkembangan teori ikatan kimia. Kimiawan Jerman Albrecht Kossel

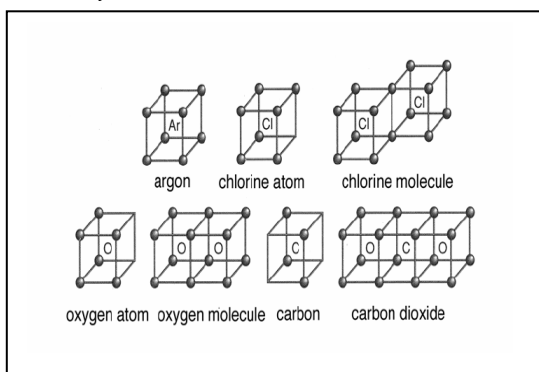
(1853-1927) menganggap kestabilan gas mulia disebabkan konfigurasi elektronnya yang penuh (yakni, konfigurasi elektron di kulit terluarnya, kulit valensi, terisi penuh). Ia berusaha memperluas interpretasinya ke atom lain. Atom selain gas mulia cenderung mendapatkan muatan listrik (elektron) dari luar atau memberikan muatan listrik ke luar, bergantung apakah jumlah elektron di kulit terluarnya lebih sedikit atau lebih banyak dari atom gas mulia yang terdekat dengannya. Bila suatu atom kehilangan elektron, atom tersebut akan menjadi kation yang memiliki jumlah elektron yang sama dengan gas mulia terdekat, sementara bila atom mendapatkan elektron, atom tersebut akan menjadi anion yang memiliki jumlah elektron yang sama dengan atom gas mulia terdekatnya. Ia menyimpulkan bahwa gaya dorong pembentukan ikatan kimia adalah gaya elektrostatik antara kation dan anion. Ikatan kimia yang dibentuk disebut dengan **ikatan ionik**.

Kulit K dan L atom natrium terisi penuh elektron, tetapi hanya ada satu elektron di kulit terluar (M). Jadi natrium dengan mudah kehilangan satu elektron terluar ini menjadi ion natrium Na^+ yang memiliki konfigurasi elektron yang sama dengan atom neon Ne ($1s^2 2s^2 2p^6$). Konfigurasi elektron atom klorin ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$). Bila satu atom klorin menangkap satu elektron untuk melengkapi kulit M-nya agar menjadi terisi penuh, konfigurasi elektronnya menjadi ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$) yang identik dengan konfigurasi elektron argon Ar. Pada waktu itu, struktur kristal natrium klorida telah dianalisis dengan analisis kristalografik sinar-X, dan keberadaan ion natrium dan klorida telah diyakini. Jelas tidak ada pertentangan antara teori Kossel dan fakta sepanjang senyawa ion yang dijelaskan. Namun, teori ini belum lengkap, seperti dalam kasus dualisme elektrokimia, dalam hal teori ini gagal menjelaskan fakta eksperimen seperti pembentukan senyawa hidrogen atau tidak diamatinya kation C^{4+} atau anion C^{4-} .

B. Ikatan Kovalen

Sekitar tahun 1916, dua kimiawan Amerika, Gilbert Newton Lewis (1875-1946) dan Irving Langmuir (1881-1957), secara independen menjelaskan apa yang tidak dijelaskan oleh teori Kossel dengan memperluasnya untuk molekul non polar. Titik krusial teori mereka adalah penggunaan bersama elektron oleh dua atom sebagai cara untuk mendapatkan kulit terluar yang diisi penuh elektron. Penggunaan bersama pasangan elektron oleh dua atom atau **ikatan kovalen** adalah konsep baru waktu itu.

Teori ini kemudian diperluas menjadi **teori oktet**. Teori ini menjelaskan, untuk gas mulia (selain He), delapan elektron dalam kulit valensinya disusun seolah mengisi kedelapan pojok kubus sementara untuk atom lain, beberapa sudutnya tidak diisi elektron. Pembentukan ikatan kimia dengan penggunaan bersama pasangan elektron dilakukan dengan penggunaan bersama rusuk atau bidang kubus. Dengan cara ini dimungkinkan untuk memahami ikatan kimia yang membentuk molekul hidrogen. Namun, pertanyaan paling fundamental, mengapa dua atom hidrogen bergabung, masih belum dijelaskan. Sifat sebenarnya ikatan kimia masih belum terjawab.



Gambar 3.3 Teori oktet Lewis/Langmuir. Model atom dan molekul sederhana. Ikatan tunggal diwakili oleh penggunaan bersama

rusuk kubus, ikatan ganda dengan penggunaan bersama bidang kubus.

Aturan penulisan rumus Lewis:

- 1) Semua elektron valensi ditunjukkan dengan titik di sekitar atomnya.
- 2) Satu ikatan (dalam hal ini, ikatan tunggal) antara dua atom dibentuk dengan penggunaan bersama dua elektron (satu elektron dari masing-masing atom)
- 3) Satu garis sebagai ganti pasangan titik sering digunakan untuk menunjukkan pasangan elektron ikatan
- 4) Elektron yang tidak digunakan untuk ikatan tetap sebagai elektron bebas. Titik-titik tetap digunakan untuk menyimbolkan pasangan elektron bebas.
- 5) Kecuali untuk atom hidrogen (yang akan memiliki dua elektron bila berikatan), atom umumnya akan memiliki delapan elektron untuk memenuhi aturan oktet.

C. Ikatan Koordinasi

Dengan menggabungkan teori valensi dengan teori ikatan ion dan kovalen, hampir semua ikatan kimia yang diketahui di awal abad 20 dapat dipahami. Namun, menjelang akhir abad 19, beberapa senyawa yang telah dilaporkan tidak dapat dijelaskan dengan teori Kekulé dan Couper.

Jenis Ikatan Kimia Lain

Setelah penemuan elektron, daya hantar logam yang tinggi dijelaskan tahun 1930, teori MO yang mirip dengan yang digunakan dengan menggunakan model **elektron bebas**, yakni ide bahwa logam kaya akan elektron yang bebas bergerak dalam logam. Namun, hal ini tidak lebih dari model. Dengan kemajuan mekanika kuantum, sekitar dalam molekul hidrogen digunakan untuk masalah kristal logam.

Elektron dalam kristal logam dimiliki oleh orbital-orbital dengan nilai energi diskontinyu, dan situasinya mirip dengan elektron yang mengelilingi inti atom. Namun, dengan meningkatnya jumlah orbital atom yang berinteraksi banyak, celah energi dari teori MO menjadi lebih sempit, dan akhirnya perbedaan antar tingkat-tingkat energy menjadi dapat diabaikan. Akibatnya banyak tingkat energi akan bergabung membentuk pita energi dengan lebar tertentu. Teori ini disebut dengan **teori pita**.

Tingkat energi logam magnesium merupakan contoh teori pita yang baik (Gambar 3.8). Elektron yang ada di orbital 1s, 2s dan 2p berada di dekat inti, dan akibatnya terlokalisasi di orbital-orbital tersebut. Hal ini ditunjukkan di bagian bawah. Namun, orbital 3s dan 3p bertumpang tindih dan bercampur satu dengan yang lain membentuk MO. MO ini diisi elektron sebagian, sehingga elektron-elektron ini secara terus menerus dipercepat oleh medan listrik menghasilkan arus listrik. Dengan demikian, magnesium adalah **konduktor**.

Bila orbital-orbital valensi (s) terisi penuh, elektron-elektron ini tidak dapat digerakkan oleh medan listrik kecuali elektron ini lompat dari orbital yang penuh ke orbital kosong di atasnya. Hal inilah yang terjadi dalam **isolator**.

Awalnya diduga bahwa alasan mengapa hidrogen fluorida HF memiliki titik didih dan titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan hidrogen halida lain (gambar 3.9) adalah bahwa HF ada dalam bentuk polimer. Alasan tepatnya tidak begitu jelas untuk kurun waktu yang panjang. Di awal tahun 1920-an, dengan jelas diperlihatkan bahwa polimer terbentuk antara dua atom flourin yang mengapit atom hidrogen. Sangat tingginya titik didih dan titik leleh air juga merupakan masalah yang sangat menarik. Di awal tahun 1930-an, ditunjukkan bahwa dua atom oksigen membentk ikatan yang mengapit hidrogen seperti dalam kasus HF. Kemudian diketahui bahwa ikatan jenis ini umum didapatkan dan disebut dengan **ikatan hydrogen**.

D. Ikatan Van Der Wall

Gaya dorong pembentukan ikatan hidrogen adalah distribusi muatan yang tak seragam dalam molekul, atau polaritas molekul (dipol permanen). Polaritas molekul adalah sebab agregasi molekul menjadi cair atau padat. Namun, molekul non polar semacam metana CH_4 , hidrogen H_2 atau He (molekul monoatomik) dapat juga dicairkan, dan pada suhu yang sangat rendah, mungkin juga dipadatkan. Hal ini berarti bahwa ada gaya agregasi antar molekul-molekul ini. Gaya semacam ini disebut dengan **gaya antarmolekul**. Ikatan hidrogen yang didiskusikan di atas adalah salah satu jenis **gaya antarmolekul**. Gaya antarmolekul khas untuk molekul non polar adalah gaya Van der Waals. Asal usul gaya ini adalah distribusi muatan yang sesaat tidak seragam (dipol sesaat) yang disebabkan oleh fluktuasi awan elektron di sekitar inti. Dalam kondisi yang sama, semakin banyak jumlah elektron dalam molekul semakin mudah molekul tersebut akan dipolarisasi sebab elektron-elektronnya akan tersebar luas. Bila dua awan elektron mendekati satu sama lain, dipol akan terinduksi ketika awan elektron mempolarisasi sedemikian sehingga menstabilkan yang bermuatan berlawanan. Dengan gaya van der Waals suatu sistem akan terstabilkan sebesar 1 kkal mol^{-1} . Bandingkan harga ini dengan nilai stabilisasi yang dicapai dengan pembentukan ikatan kimia (dalam orde $100 \text{ kkal mol}^{-1}$). Kimiawan kini sangat tertarik dengan supramolekul yang terbentuk dengan agregasi molekul dengan gaya antarmolekul.

BAB IV

SISTEM PERIODIK

A. Sistem Periodik

Satu prestasi intelektual yang terbesar dalam kimia adalah tabel periodik unsur. Tabel periodik dapat dicetak dalam satu lembar kertas, tetapi apa yang terkandung di dalamnya dan apa yang dapat diberikan kepada kita sangat banyak dan tidak ternilai. Tabel ini adalah hasil jerih payah tak kenal lelah, yang berawal dari zaman Yunani, untuk mengetahui sifat materi sebenarnya. Ini dapat dikatakan kitab sucinya kimia. Nilai sistem periodik bukan hanya pada organisasi informasi yang telah diketahui, tetapi juga kemampuannya memprediksi sifat yang belum diketahui. Keampuhan sesungguhnya tabel periodik terletak di sini.

B. Tabel Periodik

Konsep unsur merupakan konsep yang sangat tua, sejak jaman Yunani, Menurut filsuf Yunani, materi dibentuk atas empat unsur: tanah,

air, api dan udara. Pandangan ini perlahan ditinggalkan, dan akhirnya di abad 17 definisi unsur yang diberikan oleh kimiawan Inggris Robert Boyle (1627-1691) menggantikan definisi lama tadi. Boyle menyatakan bahwa unsur adalah zat yang tidak dapat diuraikan menjadi zat yang lebih sederhana.

Lavoisier mengusulkan daftar unsur dalam bukunya “*Traite Elementire de Chemie*”. Walaupun ia memasukkan cahaya dan panas dalam daftarnya, anggota lain daftar adalah apa yang kita sebut sebagai unsur sampai saat ini. Selain itu, ia menambahkan pada daftar unsur-unsur yang belum dideteksi tetapi ia yakini keberadaannya. Misalnya, khlorin pada waktu itu belum diisolasi, tetapi ia menambahkannya pada tabel sebagai radikal dari asam muriatik¹⁰). Demikian juga, natrium dan kalium ada juga dalam tabel.

Di awal abad 19, unsur-unsur ini diisolasi dengan elektrolisis, dan daftar unsur perlahan diperluas. Di pertengahan abad 19, analisis spektroskopi, metoda bari mendeteksi unsur dikenalkan dan mempercepat pertambahan daftar ini. Walaupun disambut gembira oleh kimiawan, masalah- masalah baru muncul. Salah satu pertanyaan adalah ‘Apakah jumlah unsur terbatas?’ dan pertanyaan lain adalah ‘Apakah sifat unsur-unsur diharapkan akan mempunyai keteraturan tertentu?’. Penemuan ungu-unsur baru mengkatalisi diskusi-diskusi semacam ini. Ketika iodin ditemukan di tahun 1826, kimiawan Jerman Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) mencatat kemiripan antara unsur ini dengan unsur yang telah dikenal khlorin dan bromin. Ia juga mendeteksi trio unsur mirip lain. Inilah yang dikenal dengan teori triade Döbereiner.

C. Tabel Periodik dan konfigurasi elektron

Tabel periodik secara terus menerus bertambah unturnya setelah tabel periodik diusulkan Mendeleev. Sementara, muncul berbagai masalah. Salah satu masalah penting adalah bagaimana menangani **gas mulia**, **unsur transisi** dan **unsur tanah jarang**. Semua masalah ini dengan baik diselesaikan dan membuat tabel periodik lebih bernilai. Tabel periodik, kitab suci kimia, harus dirujuk secara rutin.

Golongan baru gas mulia dengan mudah disisipkan di antara unsur positif yang sangat reaktif, logam alkali (golongan 1) dan unsur negatif yang sangat reaktif, halogen (golongan 7).

Unsur logam transisi diakomodasi dalam tabel periodik dengan menyisipkan **periode panjang** walaupun rasionalnya tidak terlalu jelas. Masalah yang nyata adalah lantanoid. Lantanoid ditangani sebagai unsur “ekstra” dan ditempatkan secara marjinal di luar bagian utama tabel periodik. Namun, sebenarnya prosedur ini tidak menyelesaikan masalah utama. Pertama, mengapa unsur ekstra ini ada tidak jelas, bahkan lebih menjadi teka-teki adalah pertanyaan: apakah ada batas jumlah unsur dalam tabel periodik? Karena ada unsur-unsur yang sangat mirip, sangat sukar untuk memutuskan berapa banyak unsur dapat ada di alam.

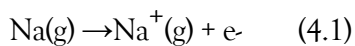
Teori Bohr dan percobaan Moseley menghasilkan penyelesaian teoritik masalah-masalah ini. Penjelasan tabel periodik dari periode pertama sampai periode ketiga dapat dijelaskan dengan teori konfigurasi elektron. Periode pertama (1H dan 2He) berkaitan dengan proses memasuki orbital $1s$. Demikian juga periode kedua (dari 3Li sampai 10Ne) berkaitan dengan pengisian orbital $1s$, $2s$ dan $2p$, dan periode ke-3 (dari 11Na sampai 18Ar) berkaitan dengan pengisian orbital $1s$, $2s$, $2p$, $3s$ dan $3p$.

Periode panjang dimulai periode ke-4. Penjelasan atas hal ini adalah karena bentuk orbital d yang berbeda drastis dari lingkaran, dan jadi energi elektron $3d$ bahkan lebih tinggi dari $4s$. Akibatnya, dalam periode ke-4, elektron akan mengisi orbital $4s$ (19K dan 20Ca) segera

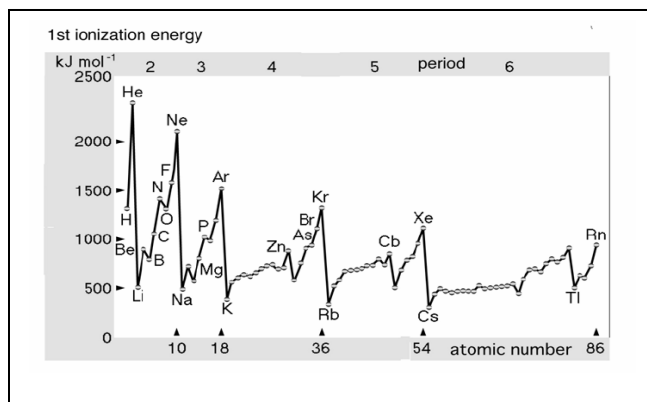
setelah pengisian orbital 3s dan 3p, melompati orbital 3d. Kemudian elektron mulai menempati orbital 3d. Proses ini berkaitan dengan sepuluh unsur dari ${}_{21}\text{Sc}$ sampai ${}_{30}\text{Zn}$. Proses pengisian orbital 4p selanjutnya berkaitan dengan enam unsur dari ${}_{31}\text{Ga}$ sampai ${}_{36}\text{Kr}$. Inilah alasan mengapa periode ke-4 mengandung 18 unsur bukan 8. Energi elektron orbital 4f jauh lebih tinggi dari orbital 4d dan dengan demikian elektron 4f tidak memainkan peran pada unsur periode ke-4.

D. Sistem Periodik Unsur

Bila unsur-unsur disusun sesuai dengan massa atomnya, sifat unsur atau senyawa menunjukkan keperiodikan, dan pengamatan ini berujung pada penemuan hukum periodik. Konfigurasi elektron unsur menentukan tidak hanya sifat kimia unsur tetapi juga sifat fisiknya. Keperiodikan jelas ditunjukkan sebab energi ionisasi atom secara langsung ditentukan oleh konfigurasi elektron. Energi ionisasi didefinisikan sebagai kalor reaksi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari atom netral, misalnya, untuk natrium:

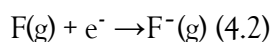


Energi ionisasi pertama, energi yang diperlukan untuk memindahkan elektron pertama, menunjukkan keperiodikan yang sangat jelas sebagaimana terlihat di gambar. Untuk periode manapun, energi ionisasi meningkat dengan meningkatnya nomor atom dan mencapai maksimum pada gas mulia. Dalam golongan yang sama energi ionisasi menurun dengan naiknya nomor atom. Kecenderungan seperti ini dapat dijelaskan dengan jumlah elektron valensi, muatan inti, dan jumlah elektron dalam. Energi ionisasi kedua dan ketiga didefinisikan sebagai energi yang diperlukan untuk memindahkan elektron kedua dan ketiga.



E. Afinitas elektron dan keelektronegatifan

Afinitas elektron didefinisikan sebagai kalor reaksi saat elektron ditambahkan kepada atom netral gas, yakni dalam reaksi.



Nilai positif mengindikasikan reaksi eksoterm, negatif menunjukkan reaksi endoterm. Karena tidak terlalu banyak atom yang dapat ditambahi elektron pada fasa gas, data yang ada terbatas jumlahnya dibandingkan jumlah data untuk energi ionisasi. Tabel menunjukkan bahwa afinitas elektron lebih besar untuk non logam daripada untuk logam.

H	72,4	C	122,5
Li	59,	O	141,8
Na	54,0	P	72,4
K	48,2	S	200,7
H	72,4	C	122,5
Li	59,	O	141,8
Na	54,0	P	72,4
K	48,2	S	200,7
H	72,4	C	122,5

Besarnya kenegativan(elektron) yang didefinisikan dengan keelektronegatifan (Tabel),yang merupakan ukuran kemampuan atom mengikat elektron. Kimiawan dari Amerika Robert Sanderson Mulliken (1896-1986) mendefinisikan keelektronegativan sebanding dengan rata-rata aritmatik energi ionisasi dan afinitas electron.

BAB V

ASAM BASA

A. Asam Basa

Kimia asam basa menjadi inti kimia sejak dari zaman kuno sampai zaman modern kini, dan memang sebagian besar kimia yang dilakukan di laboratorium di zaman dulu adalah kimia asam basa. Ketika kimia mulai menguat di bidang studi teoritisnya di akhir abad ke-19, topik pertama yang ditangani adalah kimia asam basa. Akibat dari serangan teoritis ini, kimia menjadi studi yang sangat kuantitatif. Jadi, bab ini sangat kuantitatif dibanding bab lain. Dalam bab, konsep penting seperti konsentrasi ion hidrogen, konstanta ionisasi, hidrolisis, kurva titrasi, larutan buffer, dan indikator akan didiskusikan. Konsep ini sangat mendasar dalam kimia, dan sukar bagi Anda mempelajari kimia kimia tanpa konsep ini.

Pembentukan Konsep Asam dan Basa

Sebagian besar bahan kimia yang umum kita jumpai adalah asam dan basa. Namun, hanya belakangan ini saja kimiawan dapat

menyimpan dan menggunakan dengan bebas berbagai asam basa dalam raknya di laboratorium. Satu-satunya asam yang diketahui alkimia di zaman dulu adalah asam asetat yang tak murni, dan basa yang dapat mereka gunakan adalah kalium karbonat kasar yang didapatkan dari abu tanaman. Di abad pertengahan, kimiawan Arab mengembangkan metoda untuk menghasilkan asam mineral semacam asam hidroklorat atau asam nitrat dan menggunakannya. Demikia juga basa-basa. Bahkan, kata “alkali”, nama umum untuk basa kuat, berasal dari bahasa Arab.

Di zaman modern, peningkatan populasi dan dengan perlahan naiknya standar mengakibatkan kebutuhan berbagai bahan juga meningkat. Misalnya, sabun, awalnya merupakan barang mewah dan mahal, kini menjadi tersedia luas. Akibatnya, kebutuhan natrium karbonat, bahan baku sabun, emingkat dengan tajam. Kebutuhan pakaian juga meningkat, yang menyebabkan peningkatan berbagai bahan kimia untuk pewarna dan sejenisnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, kini menghasilkan sejumlah cukup asam dan basa bukan masalah yang sederhana. Inilah awal munculnya industri kimia.

Di pertengahan abad ke-17, kimiawan Jerman Johann Rudolf Glauber (1604-1670), yang tinggal di Belanda, menghasilkan dan menjual tidak hanya berbagai asam dan basa, tetapi juga banyak alat kimia. Dalam hal ini ia dapat disebut insinyur kimia pertama. Ia juga menjual natrium sulfat sebagai obat mujarab dan mendapat keuntungan besar dari usaha ini.

Studi mendasar tentang asam basa dimulai di zaman yang sama. Boylem rekan sezaman dengan Glauber, menemukan metoda penggunaan pewarna yang didapatkan dari berbagai tumbuhan semacam Roccella sebagai indikator reaksi asam basa.¹³ Di saat-saat itu, telah diketahui bahwa asam dan basa mempunyai sifat berlawanan dan dapat meniadakan satu sama lain. Sebelum perkembangan kimia, asam didefinisikan sebagai sesuatu yang masam, dan alkali sebagai sesuatu yang akan menghilangkan, atau menetralkan efek asam.

Awalnya ada kebingungan tentang sifat dasar asam. Oksigen awalnya dianggap sebagai komponen penting asam. Bahkan nama “oksigen” berasal dari bahasa Yunani, yang berarti “membuat sesuatu masam”. Di pertengahan abad ke-19, Davy menemukan bahwa hidrogen klorida (larutan dalam airnya adalah asam hidroklorida) tidak mengandung oksigen, dan dengan demikian membantah teori bahwa oksigen adalah komponen penting dalam asam. Ia, sebagai gantinya, mengusulkan bahwa hidrogen adalah komponen penting asam.

Sifat asam pertama diketahui dengan kuantitatif pada akhir abad ke-19. Di tahun 1884, kimiawan Swedia Svante August Arrhenius (1859-1927) mengusulkan **teori disosiasi elektrolit** yang menyatakan bahwa **elektrolit** semacam asam, basa dan garam terdisosiasi menjadi ion-ion komponennya dalam air. Ia lebih lanjut menyatakan bahwa beberapa elektrolit terdisosiasi sempurna (**elektrolit kuat**) tetapi beberapa hanya terdisosiasi sebagian (**elektrolit lemah**). Teori asam basa berkembang dengan cepat berlandaskan teori ini.

B. Teori disosiasi elektrolit Arrhenius

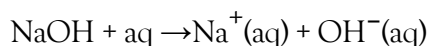
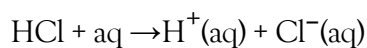
Di tahun 1886, Arrhenius mengusulkan teori disosiasi elektrolit, dengan teori ini ia mendefinisikan asam basa sebagai berikut:

Teori Asam basa Arrhenius

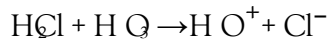
asam: zat yang melarut dan mengion dalam air menghasilkan proton (H^+)

basa: zat yang melarut dan mengion dalam air menghasilkan ion hidroksida (OH^-)

Dengan demikian, keasaman asam klorida dan kebasaan natrium hidroksida dijelaskan dengan persamaan berikut:



Walaupun teori Arrhenius baru dan persuasif, teori ini gagal menjelaskan fakta bahwa senyawa semacam gas amonia, yang tidak memiliki gugus hidroksida dan dengan demikian tidak dapat menghasilkan ion hidroksida menunjukkan sifat basa. Proton, H^+ , adalah inti atom hidrogen dan tidak memiliki sebuah elektron pun. Jadi dapat diharapkan proton jauh lebih kecil dari atom, ion atau molekul apapun. Karena H_2O memiliki kepolaran yang besar, proton dikelilingi dan ditarik oleh banyak molekul air, yakni terhidrasi (keadaan ini disebut hidrasi). Dengan kata lain, proton tidak akan bebas dalam air. Bila proton diikat dengan satu molekul H_2O membentuk ion hidronium H_3O^+ , persamaan disosiasi elektrolit asam klorida adalah



Karena telah diterima bahwa struktur nyata dari ion hidronium sedikit lebih rumit, maka proton sering hanya dinyatakan sebagai H^+ bukan sebagai H_3O^+ .

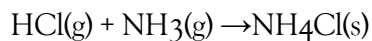
C. Teori Brønsted dan Lowry

Di tahun 1923, kimiawan Denmark Johannes Nicolaus Brønsted (1879-1947) dan kimiawan Inggris Thomas Martin Lowry (1874-1936) secara independen mengusulkan teori asam basa baru, yang ternyata lebih umum.

Teori Brønsted dan Lowry:

asam: zat yang menghasilkan dan mendonorkan proton (H^+) pada zat lain.

basa: zat yang dapat menerima proton (H^+) dari zat lain. Berdasarkan teori ini, reaksi antara gas HCl dan NH_3 dapat dijelaskan sebagai reaksi asam basa, yakni



Simbol (g) dan (s) menyatakan zat berwujud gas dan padat. Hidrogen klorida mendonorkan proton pada amonia dan berperan sebagai asam.

Menurut teori Brønsted dan Lowry, zat dapat berperan baik sebagai asam maupun basa. Bila zat tertentu lebih mudah melepas proton, zat ini akan berperan sebagai asam dan lawannya sebagai basa. Sebaliknya, bila suatu zat lebih mudah menerima proton, zat ini akan berperan sebagai basa. Dalam suatu larutan asam dalam air, air berperan sebagai basa.

Teori asam basa Lewis

Di tahun 1923 ketika Brønsted dan Lowry mengusulkan teori asam-basanya, Lewis juga mengusulkan teori asam basa baru juga. Lewis, yang juga mengusulkan teori oktet, memikirkan bahwa teori asam basa sebagai masalah dasar yang harus diselesaikan berlandaskan teori struktur atom, bukan berdasarkan hasil percobaan. Di tahun 1923 ketika Brønsted dan Lowry mengusulkan teori asam-basanya, Lewis juga mengusulkan teori asam basa baru juga. Lewis, yang juga mengusulkan teori oktet, memikirkan bahwa teori asam basa sebagai masalah dasar yang harus diselesaikan berlandaskan teori struktur atom, bukan berdasarkan hasil percobaan.

D. Teori Asam Basa Lewis

Asam: zat yang dapat menerima pasangan elektron.

Basa: zat yang dapat mendonorkan pasangan electron

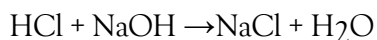
Semua zat yang didefinisikan sebagai asam dalam teori Arrhenius juga merupakan asam dalam kerangka teori Lewis karena proton adalah akseptor pasangan elektron. Dalam reaksi netralisasi proton membentuk ikatan koordinat dengan ion hidroksida.



Situasi ini sama dengan reaksi fasa gas yang pertama diterima sebagai reaksi asam basa dalam kerangka teori Brønsted dan Lowry. Keuntungan utama teori asam basa Lewis terletak pada fakta bahwa beberapa reaksi yang tidak dianggap sebagai reaksi asam basa dalam kerangka teori Arrhenius dan Brønsted Lowry terbukti sebagai reaksi asam basa dalam teori Lewis. Sebagai contoh reaksi antara boron trifluorida BF_3 dan ion fluorida F^- . Reaksi ini melibatkan koordinasi boron trifluorida pada pasangan elektron bebas ion fluorida. Menurut teori asam basa Lewis, BF_3 adalah asam. Untuk membedakan asam semacam BF_3 dari asam protik (yang melepaskan proton, dengan kata lain, asam dalam kerangka teori Arrhenius dan Brønsted Lowry), asam ini disebut dengan asam Lewis. Boron membentuk senyawa yang tidak memenuhi aturan oktet, dan dengan demikian adalah contoh khas unsur yang membentuk asam Lewis.

Oleh Karena semua basa Brønsted Lowry mendonasikan pasangan elektronnya pada proton, basa ini juga merupakan basa Lewis. Namun, tidak semua asam Lewis adalah asam Brønsted Lowry sebagaimana dinyatakan dalam contoh di atas. Dari ketiga definisi asam basa di atas, definisi Arrhenius yang paling terbatas. Teori Lewis meliputi asam basa yang paling luas. Sepanjang yang dibahas adalah reaksi di larutan dalam air, teori Brønsted Lowry paling mudah digunakan, tetapi teori Lewis lah yang paling tepat bila reaksi asam basa melibatkan senyawa tanpa proton.

Setiap asam atau h-garam memiliki ion lawannya, dan reaksi asam basa melibatkan ion-ion ini. Dalam reaksi netralisasi khas seperti antara HCl dan NaOH ,



asam basa garam air

Selain air, terbentuk NaCl dari ion klorida, ion lawan dari proton, dan ion natrium, ion lawan basa. Zat yang terbentuk dalam netralisasi semacam ini disebut dengan garam. Asalkan reaksi netralisasinya berlangsung dalam air, baik ion natrium dan ion klorida berada secara independen sebagai ion, bukan sebagai garam NaCl. Bila air diuapkan, natrium klorida akan tinggal. Kita cenderung percaya bahwa garam bersifat netral karena garam terbentuk dalam netralisasi. Memang NaCl bersifat netral. Namun, larutan dalam air beberapa garam kadang asam atau basa. Misalnya, natrium asetat, CH_3COONa , garam yang dihasilkan dari reaksi antara asam asetat dan natrium. Sebaliknya, amonium klorida NH_4Cl , garam yang terbentuk dari asam kuat HCl dan basa lemah amonia, bersifat asam lemah. Fenomena ini disebut hidrolisis garam. Diagram skematik hidrolisis ditunjukkan di Gambar. Di larutan dalam air, garam AB ada dalam kesetimbangan dengan sejumlah kecil H^+ dan OH^- yang dihasilkan dari elektrolisis air menghasilkan asam HA dan basa BOH (kesetimbangan dalam arah vertikal). Karena HA adalah asam lemah, kesetimbangan berat ke arah sisi asam, dan akibatnya $[\text{H}^+]$ menurun. Sebaliknya, BOH adalah basa kuat dan terdisosiasi sempurna, dan dengan demikian tidak akan ada penurunan konsentrasi OH^- . Dengan adanya disosiasi air, sejumlah H^+ dan OH^- yang sama akan terbentuk.

BAB VI

OKSIDASI-REDUKSI

A. Oksidasi-Reduksi

Pentingnya reaksi oksidasi-reduksi dikenali sejak awal kimia. Dalam oksidasi- reduksi, suatu entitas diambil atau diberikan dari dua zat yang bereaksi. Situasinya mirip dengan reaksi asam basa. Singkatnya, reaksi oksidasi- reduksi dan asam basa merupakan pasangan sistem dalam kimia. Reaksi oksidasi reduksi dan asam basa memiliki nasib yang sama, dalam hal keduanya digunakan dalam banyak praktek kimia sebelum reaksi ini dipahami. Konsep penting secara perlahan dikembangkan: misalnya, bilangan oksidasi, oksidan (bahan pengoksidasi), reduktan (bahan pereduksi), dan gaya gerak listrik, persamaan Nernst, hukum Faraday tentang induksi elektromagnet dan elektrolisis. Perkembangan sel elektrik juga sangat penting. Penyusunan komponen reaksi oksidasi-reduksi merupakan praktek yang penting dan memuaskan secara intelektual. Sel dan elektrolisis adalah dua contoh penting, keduanya sangat erat dengan kehidupan sehari-hari dan dalam industri kimia.

B. Penemuan oksigen

Karena udara mengandung oksigen dalam jumlah yang besar, kombinasi antara zat dan oksigen, yakni oksidasi, paling sering berlangsung di alam. Pembakaran dan perkaratan logam pasti telah menarik perhatian orang sejak dulu. Namun, baru di akhir abad ke- 18 kimiawan dapat memahami pembakaran dengan sebenarnya. Pembakaran dapat dipahami hanya ketika oksigen dipahami. Sampai doktrin Aristoteles bahwa udara adalah unsur dan satu-satunya gas ditolak, mekanisme oksidasi belum dipahami dengan benar. Kemungkinan adanya gas selain udara dikenali oleh Helmont sejak awal abad ke-17. Metoda untuk memisahkan gas tak terkontaminasi dengan uap menggunakan pompa *pneumatik* dilaporkan oleh Hales di sekitar waktu itu. Namun, walau telah ada kemajuan ini, masih ada satu miskonsepsi yang menghambat pemahaman peran oksigen dalam pembakaran. Miskonsepsi ini adalah teori flogiston. Teori ini dinyatakan oleh dua kimiawan Jerman, Georg Ernst Stahl (1660-1734) dan Johann Joachim Becher. Menurut teori ini, pembakaran adalah proses pelepasan flogiston dari zat yang terbakar. Asap yang muncul dari kayu terbakar dianggap bukti yang baik teori ini. Massa abu setelah pembakaran lebih ringan dari massa kayu dan ini juga konsisten dengan teori flogiston. Namun, ada kelemahan utama dalam teori ini. Residu (oksida logam) setelah pembakaran logam lebih berat dari logamnya.

Priestley dan Scheele, yang menemukan oksigen di akhir abad ke-18, adalah penganut teori flogiston . Jadi mereka gagal menghayati peran oksigen dalam pembakaran. Sebaliknya, Lavoiseur, yang tidak terlalu mengenali teori ini, dengan benar memahamo peran oksigen dan mengusulkan teori pembakaran baru yakni oksidasi atau kombinasi zat terbakar dengan oksigen. Ia mendukung teroinya dengan percobaan yang akurat dan kuantitatif yang jauh lebih baik dari standar waktu itu. Ia menyadari bahwa penting untuk memperhatikan kuantitas gas yang terlibat dalam reaksi untuk memahami reaksi kimia dengan cara

kuantitatif. Jadi ia melakukan reaksinya dalam wadah tertutup. Peran oksigen dalam pembakaran dikenali Lavoiseur; oksidasi-reduksi:

Oksidasi: menerima oksigen

Reduksi: mendonorkan oksigen

C. Peran Hidrogen

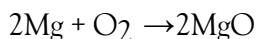
Ternyata tidak semua reaksi oksidasi dengan senyawa organik dapat dijelaskan dengan pemberian dan penerimaan oksigen. Misalnya, walaupun reaksi untuk mensintesis anilin dengan mereaksikan nitrobenzen dan besi dengan kehadiran HCl adalah reaksi oksidasi reduksi dalam kerangka pemberian dan penerimaan oksigen, pembentukan CH_3CH_3 dengan penambahan hidrogen pada $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, tidak melibatkan pemberian dan penerimaan oksigen. Namun, penambahan hidrogen berefek sama dengan pemberian oksigen. Jadi, etena direduksi dalam reaksi ini. Dengan kata lain, juga penting mendefinisikan oksidasi-reduksi dalam kerangka pemberian dan penerimaan. Oksidasi reduksi dan hydrogen pengertiannya sebagai berikut:

Oksidasi: mendonorkan hidrogen

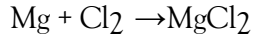
Reduksi: menerima hydrogen

D. Peran Elektron

Pembakaran magnesium jelas juga reaksi oksidasi-reduksi yang jelas melibatkan pemberian dan penerimaan oksigen.



Reaksi antara magnesium dan khlorin tidak diikuti dengan pemberian dan penerimaan oksigen.



Namun, mempertimbangkan valensi magnesium, merupakan hal yang logis untuk menganggap kedua reaksi dalam kategori yang sama. Memang, perubahan magnesium, $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$, umum untuk kedua reaksi, dan dalam kedua reaksi magnesium dioksidasi. Dalam kerangka ini, keberlakuan yang lebih umum akan dicapai bila oksidasi-reduksi didefinisikan dalam kerangka pemberian dan penerimaan electron.

Oksidasi: mendonorkan elektron

Reduksi: menerima elektron

Oksidasi reduksi seperti dua sisi dari selembar kertas, jadi tidak mungkin oksidasi atau reduksi berlangsung tanpa disertai lawannya. Bila zat menerima elektron, maka harus ada yang mendonorkan elektron tersebut. Dalam oksidasi reduksi, senyawa yang menerima elektron dari lawannya disebut oksidan (bahan pengoksidasi sebab lawannya akan teroksidasi. Lawan oksidan, yang mendonorkan elektron pada oksidan, disebut dengan reduktan (bahan pereduksi) karena lawannya (oksidan tadi tereduksi).

Di antara contoh di atas, magnesium, yang memberikan elektron pada khlorin, adalah reduktan, dan khlorin, yang menerima elektron dari magnesium, adalah reduktan. Umumnya, unsur elektropositif seperti logam alkali dan alkali tanah adalah reduktan kuat; sementara unsur elektronegatif seperti khlorin adalah oksidan yang baik.

Suatu senyawa dapat berlaku sebagai oksidan dan juga reduktan. Bila senyawa itu mudah mendonorkan elektron pada lawannya, senyawa ini dapat menjadi reduktan. Sebaliknya bila senyawa ini mudah menerima elektron, senyawa itu adalah oksidan. Berikut aturan bilangan oksidasi:

- 1) bilangan oksidasi unsur (termasuk alotrop) selalu 0.
- 2) bilangan oksidasi oksigen adalah -2 kecuali dalam peroksida, -1.
- 3) bilangan oksidasi hidrogen adalah +1 kecuali dalam hidrida logam -1.
- 4) bilangan oksidasi logam alkali +1 dan logam alkali tanah +2.
- 5) Untuk ion dan molekul poliatomik, bilangan oksidasi setiap atom didefinisikan sehingga jumlahnya sama dengan muatannya.

BAB VII

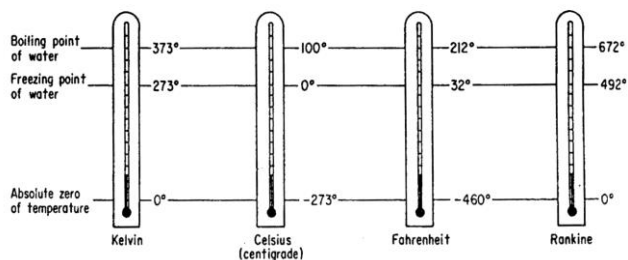
APLIKASI DASAR LABORATORIUM

A. Pengukuran Suhu

1) *Termometer Cairan*

Suhu diukur dengan instrumen yang menunjukkan intensitas kalor dalam suatu benda. Kalor akan mengalir dari benda yang bersuhu lebih tinggi ke yang suhunya lebih rendah. *Termometer cairan*, biasanya diisi dengan raksa, dikalibrasi pada titik beku air dan titik didih air ketika diukur pada tekanan 1 atm.

Terdapat 4 skala kalibrasi: Fahrenheit, Celsius (bagian perseratus), SI (Kelvin), dan Rankine. Mereka dihubungkan seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Suhu terendah yang dapat diperoleh secara teoretis disebut suhu *nol mutlak*.



Gambar 7.1 Hubungan antara keempat skala suhu.

2) *Pengubahan Antarskala*

Suhu dapat dengan mudah diubah dari satu skala ke yang lain:

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}) \square \frac{5}{9} \quad \text{Contoh: } 212^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9} \square (212 - 32) = 100^{\circ}\text{C}.$$

$$^{\circ}\text{F} = (\frac{9}{5} \square ^{\circ}\text{C}) + 32^{\circ} \quad \text{Contoh: } 100^{\circ}\text{C} = (\frac{9}{5} \times 100) + 32 = 212^{\circ}\text{F}.$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273 \quad \text{Contoh: } 20^{\circ}\text{C} = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460^{\circ}$$

Untuk mengubah Fahrenheit ke SI (Kelvin, K), ubahlah dulu ke Celsius, sedangkan Celsius dapat diubah ke Rankine ($^{\circ}\text{R}$) melalui pengubahan ke Fahrenheit.

B. Kalibrasi Termometer

Kalibrasikan termometer laboratorium dengan menguji pada titik-titik standarnya.

0 $^{\circ}\text{C}$: Celupkan termometer dalam suatu campuran yang teraduk dengan baik dari es batu dan air suling. Termometer harus membaca 0 $^{\circ}\text{C}$.

100 $^{\circ}\text{C}$: Paskan termometer di atas permukaan gelas piala atau labu yang berisi air mendidih sedemikian rupa sehingga kolom raksa terpapar oleh uap. Termometer harus membaca 100 $^{\circ}\text{C}$ pada tekanan barometrik 760 mmHg (torr).

Termometer laboratorium jenis skala-panjang dikalibrasi dengan pencelupan seluruh kolom raksa dalam cairan atau uap.

C. Koreksi Batang Termometer

Dengan termometer raksa-kaca, kedalaman pencelupan sangatlah penting, karena jumlah raksa di dalam batang

signifikan ketika dibandingkan dengan jumlahnya di dalam bola. Karena alasan itu, termometer ditandai ‘pencilupan penuh’ atau ‘pencilupan sebagian’ dengan tanda yang jelas, untuk menunjukkan kedalaman pencilupan yang diperlukan agar pembacaan tepat. Jika termometer tidak dicelupkan ke tanda tersebut, akan terjadi galat pembacaan, dan mereka harus diperhitungkan dengan koreksi batang.

Catatan: Dalam penentuan titik-leleh atau titik-didih, *tidak* seluruh kolom raksa tercelup dalam uap atau cairan. Karena itu, harus dilakukan koreksi. Lihat Tabel 7.1.

Tabel 1 Koreksi untuk benang raksa yang terpapar terhadap termometer (Celsius) yang tercelup seluruhnya*

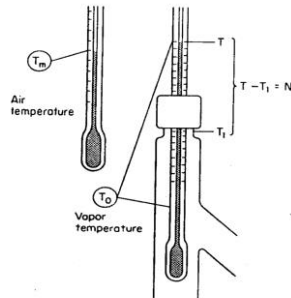
		$(T_o - T_m)$ degrees																			
l degrees		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
100	0.15	0.31	0.47	0.62	0.78	0.94	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8	3.0	3.1	
110	0.17	0.34	0.51	0.69	0.86	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.4	
120	0.19	0.37	0.56	0.75	0.94	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.7	
130	0.20	0.41	0.61	0.81	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.7	3.9	4.1	
140	0.22	0.44	0.66	0.87	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.4	
150	0.23	0.47	0.70	0.94	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	4.0	4.2	4.4	4.7	
160	0.25	0.50	0.75	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.7	4.0	4.2	4.5	4.7	5.0	
170	0.27	0.53	0.80	1.1	1.3	1.6	1.9	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	4.0	4.2	4.5	4.8	5.0	5.3	
180	0.28	0.56	0.84	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.3	5.6	
190	0.30	0.59	0.89	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.9	
200	0.31	0.62	0.94	1.2	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	
210	0.33	0.66	0.98	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	3.9	4.3	4.6	4.9	5.2	5.6	5.9	6.2	6.6	
220	0.34	0.69	1.0	1.4	1.7	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.1	4.5	4.8	5.1	5.5	5.8	6.2	6.5	6.9	
230	0.36	0.72	1.1	1.4	1.8	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.3	4.7	5.0	5.4	5.7	6.1	6.5	6.8	7.2	
240	0.37	0.75	1.1	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0	3.4	3.7	4.1	4.5	4.9	5.2	5.6	6.0	6.4	6.7	7.1	7.5	
250	0.39	0.78	1.2	1.6	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	

* Koreksi batang-yang-menyembul: Ketika sebuah termometer yang dikalibrasi untuk pencilupan seluruhnya digunakan dengan hanya sebagian batang yang tercelup, rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung suhu sebenarnya: $T_c = T_o + 0,000156l(T_o - T_m)$ dengan T_c ialah suhu terkoreksi, T_o suhu yang terbaca, l panjang dalam derajat dari kolom raksa yang tidak tercelup, dan T_m ialah suhu pada titik tengah benang yang menyembul. Agar lebih mudah, tabel menunjukkan koreksi $0,000156l(T_o - T_m)$ untuk digunakan pada berbagai nilai l dan

$(T_o - T_m)$.

Pada suhu 0-100 °C, galat dapat diabaikan; di sekitar 200 °C, galat mungkin sebesar 3-5 °C; dan di sekitar 300 °C, galat dapat mencapai 10 °C.

Koreksikan nilai-nilai ini dengan menggunakan rumus berikut (lihat Gambar 2):



Gambar 7.2 Pengukuran untuk koreksi batang termometer.

Koreksi batang (dalam derajat) = $KN(T_o - T_m)$

dengan

N = panjang termometer yang menyembul (panjang yang tidak terpapar oleh uap cairan) dalam derajat; $T - T_1 = N$.

T_o = suhu yang terbaca pada termometer.

T_m = suhu rerata dari kolom yang menyembul (diperoleh dengan menempatkan termometer lain berdampingan dengan titik tengah bolanya).

K = tetapan, khas untuk jenis kaca dan suhu tertentu (lihat Tabel 2).

Tabel 7.2 Nilai-nilai K^*

Suhu (°C)	Kaca lunak	Kaca Pyrex
0–150	0,000158	0,000165
200	0,000159	0,000167
250	0,000161	0,000170
300	0,000164	0,000174
350		0,000178
400		0,000183
450		0,000188

* Untuk termometer Fahrenheit, nilai rerata K ialah 0,00009.

Contoh:

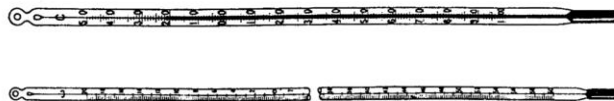
Suhu yang terbaca pada suatu termometer ialah 250 °C. Berapa pembacaan suhu yang betul jika kolom yang menyembul dari termometer itu membaca dari 110 sampai 360 °C, dan jika termometer lain membaca suhu 50 °C?

Jawaban:

Koreksi = $KN(T_o - T_m) = (0,000161)(360 - 110)(250 - 50) = 8,05$ °C.

Suhu terkoreksi = $250 + 8,05 = 258,05$ °C.

Jenis-jenis Termometer Cairan. Tersedia beraneka ragam termometer. Termometer cairan yang umum ialah yang berisi-raksa atau berisi-alkohol (lihat Gambar 3). Pada jenis yang kedua, alkohol umumnya diwarnai merah untuk memudahkan pembacaan termometer. Pemilihan bergantung pada persyaratan tertentu mengenai skala, pembagian, kisaran, panjang batang dan desain termometer, ketelitian yang diinginkan, serta syarat pencelupan. Lihat Tabel 3 untuk sebagian daftar termometer yang muwakil.



Gambar 3 (a) Termometer untuk kegunaan-umum.

(b) Contoh termometer untuk kebutuhan khusus.

Termometer diferensial Beckmann (Gambar 4) tidak membaca suhu bahan. Ia hanya membaca selisih suhu untuk kisaran 5oC. Termometer diset dengan memanaskan ke suhu perkiraan dari bahan itu; kemudian perubahan suhu sampai 0,01oC dapat diukur.



Gambar 4 Termometer diferensial Beckmann.

Tabel 3 Termometer yang muwakil*

No. ASTM	Uji	Kisaran suhu	Pembagian skala (derajat)	Pencelupan batang	Panjang (+ 5 mm)
1C	Penggunaan umum	-20 s.d. +150 °C	1	76 mm	322
1F	Penggunaan umum	0 s.d. +302 °F	2	76 mm	322
2C	Penggunaan umum	-5 s.d. +300 °C	1	76 mm	390
2F	Penggunaan umum	+20 s.d. +580 °F	2	76 mm	390
3C	Penggunaan umum	-5 s.d. +400 °C	1	76 mm	413
3F	Penggunaan umum	+20 s.d. +760 °F	2	76 mm	413
5C	<i>Cloud and pour</i>	-38 s.d. +50 °C	1	108 mm	231
5F	<i>Cloud and pour</i>	-36 s.d. +120 °F	2	108 mm	231
6C	<i>Low cloud and pour</i>	-80 s.d. +20 °C	1	76 mm	232
6F	<i>Low cloud and pour</i>	-112 s.d. +70 °F	2	76 mm	232
7C	Penyulingan rendah	-2 s.d. +300 °C	1	Seluruhnya	386
7F	Penyulingan rendah	+30 s.d. +580 °F	2	Seluruhnya	386
8C	Penyulingan tinggi	-2 s.d. +400 °C	1	Seluruhnya	386
8F	Penyulingan tinggi	+30 s.d. +760 °F	2	Seluruhnya	386
9C	Pensky-Martens, <i>low range tag closed tester</i>	-5 s.d. +110 °C	0,5	57 mm	287
9F	Pensky-Martens, <i>low range tag closed tester</i>	+20 s.d. +230 °F	1	57 mm	287
10C	Pensky-Martens, <i>high range</i>	+90 s.d. +370 °C	2	57 mm	287
10F	Pensky-Martens, <i>high range</i>	+200 s.d. +700 °F	5	57 mm	287
11C	Nyala terbuka	-6 s.d. +400 °C	2	25 mm	308
11F	Nyala terbuka	+20 s.d. +760 °F	5	25 mm	308
12C	Gravitasi	-20 s.d. +102 °C	0,2	Seluruhnya	420

* Tabel ini bukanlah daftar yang utuh, tetapi diberikan untuk menunjukkan sangat beragamnya termometer yang tersedia, dengan spesifikasinya.

Menyatukan Kembali Kolom Raksa. Jangan membuang termometer karena kolom raksanya telah memisah. Pemisahan terjadi karena guncangan mekanis dan termal. Kolom raksa yang terpisah menyebabkan *galat* dalam pembacaan termometer; namun, dalam

beberapa kasus, raksa tersebut dapat disatukan kembali dan termometer itu terselamatkan. Selalu periksa termometer sebelum digunakan, untuk mendeteksi pemisahan dalam kapiler, bola, dan reservoir serta untuk mendeteksi tetesan kecil yang terdispersi di atas *bore*.

Perhatian: Ingatlah bahwa termometer terbuat dari kaca; mereka, terutama bolanya yang tipis, rapuh dan mudah pecah. *Jangan dikenai guncangan mekanis yang dahsyat.*

Kolom raksa termometer dapat disatukan kembali dengan prosedur berikut. Gunakan salah satu atau semua prosedur ini atau kombinasi apapun dari mereka yang akan berhasil.

- 1) Celupkan bola termometer dalam campuran pembeku yang sesuai dari es kering dan aseton. Semua raksa akan tertarik ke dalam reservoir akibat penyusutan. Angkat dan hangatkan perlahan-lahan. Kolom akan menyatu kembali. Jika tidak berhasil, ulangi prosedur ini beberapa kali.
- 2) Ulangi prosedur 1, tetapi kali ini ketuk *dengan lembut* untuk melepaskan gelembung gas.
- 3) Tepuk termometer pada suhu kamar dengan memegang bola termometer (dengan lembut) pada tangan kanan, lalu memukulkan kepala tangan Anda pada telapak tangan yang lain.
- 4) Balikkan termometer, ketuk perlahan-lahan sambil sebentar-sebentar memanaskan bolanya, yang mendesak raksa ke arah bawah. *Turn right side up* dan ulangi prosedur ini. Terkadang kolom raksa akan bergabung jika terdapat kapiler yang cukup besar.
- 5) Ayunkan termometer dengan cepat membentuk lingkaran. Gaya sentrifugal dapat menyatukan kolom kembali. Jangan '*snap*' lengan Anda karena termometer dapat pecah. Gaya gerak melingkar memaksa jatuh bagian sebelah atas dari kolom.

- 6) Hangatkan *perlahan-lahan* di atas nyala Bunsen dengan bola berada pada ketinggian yang cukup di atas nyala itu. Panas memuaikan raksa ke dalam ruang pemuaian sebelah atas. *Jangan mengisi melebihi reservoir pemuaian* karena termometer akan pecah.

BAB VIII

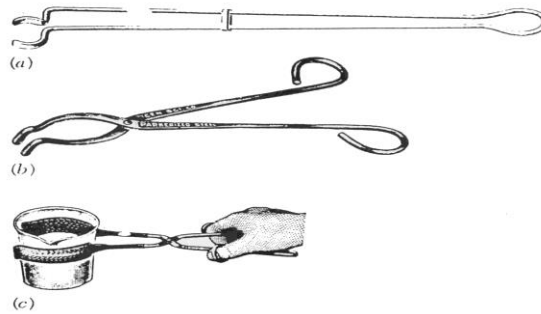
PENGENALAN ALAT LABORATORIUM DASAR

Penanganan alat dilaboratorium memerlukan keterampilan dan pengetahuan dasar mengenai alat-alat yang digunakan. Oleh karena itu, personil dilaboratorium dari segi latarbelakang pendidikan dan pelatihan harus sudah memiliki kualifikasi tertentu. Berikut hal-hal yang berkaitan dengan alat laboratorium.

A. Menangani Alat Laboratorium yang Panas

Alat kaca yang panas dapat menyebabkan luka bakar yang parah. Luka bakar ini sering bertambah parah ketika seseorang berupaya memegang alat kaca yang panas tanpa perlindungan yang memadai, karena benda tersebut biasanya jatuh, pecah dan karena itu, memercikkan atau menyemburkan cairan yang panas dan korosif. Gunakan sarung tangan asbes atau gecep (*tong*) yang sesuai untuk mengeluarkan semua alat kaca dari panas. Gecep krus (*crucible*) selalu digunakan untuk memindahkan krus panas ke dalam dan keluar dari tanur *muffle* (Gambar 5a); gecep utilitas digunakan untuk menangani

radas dan krus yang kecil (Gambar 8.1b); dan gegep gelas piala digunakan untuk memegang dan membawa gelas piala (Gambar 8.1c).



Gambar 8.1 (a) Gegep krus lentur dan panjang. (b) Gegep utilitas. (c) Gegep gelas piala.

(1) *Tips dalam Memanaskan dan Mendinginkan*

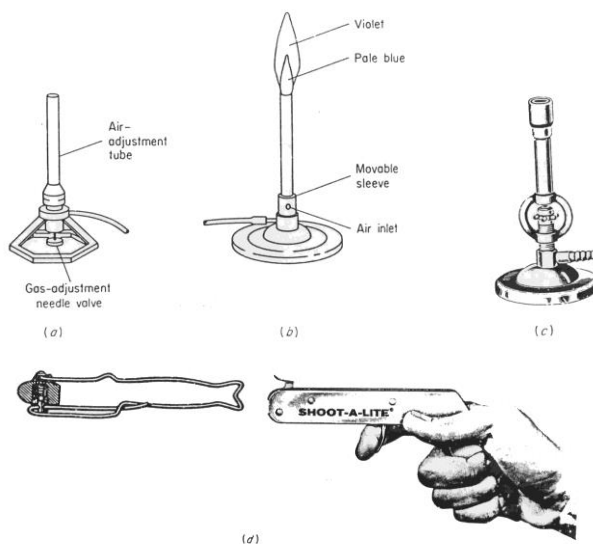
- (a) Selalu awasi proses penguapan dengan seksama. Bejana yang dipanaskan setelah penguapan berlangsung seluruhnya dapat retak atau meledak.
- (b) Jangan meletakkan alat kaca yang panas pada permukaan yang dingin atau basah; alat tersebut dapat pecah karena perubahan suhu seketika. Berhati-hatilah selalu.
- (c) Jangan memanaskan alat kaca yang banyak goresannya karena mungkin saja pecah.
- (d) Dinginkan alat kaca perlahan-lahan agar tidak pecah. Namun, ada alat kaca tertentu, misalnya Vycor, yang dapat dipindahkan dari panas merah ke air es tanpa pecah.
- (e) Luka bakar disebabkan oleh panas dan juga oleh radiasi ultraviolet atau inframerah. Batasi waktu pemaparan Anda ketika bekerja dengan sinar ekstravisual.
- (f) Ketika bekerja dengan bahan atsiri, selalu ingat bahwa pemuaiian dan terkurungnya pemuaiian menyebabkan peningkatan tekanan dengan kemungkinan ledakan.

Bahaya itu selalu ada dalam sistem tertutup, sekalipun tidak diberikan panas dari luar.

1) Pembakar Gas

Pembakar di laboratorium ialah peralatan yang digunakan lebih sering daripada alat yang lain. Pelajari bagian-bagiannya (Gambar 6) dan ingat aturan-aturan sederhana untuk penggunaannya:

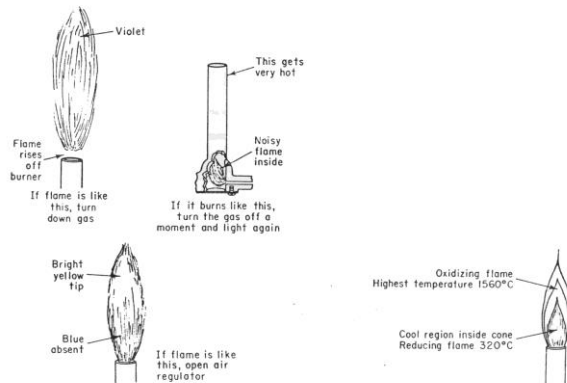
- Buka lebar keran gas pada pipa *inlet* gas.
- Buka sekrup pengatur gas pada pembakar sejauh yang bisa diputar.
- Tutup lubang udara dengan selongsong (*sleeve*) yang dapat digerakkan.
- Nyalakan pembakar dengan korek api atau *striker* (Gambar 6d).



Gambar 6 (a) Pembakar Tirrill. (b) Pembakar Bunsen. (c) Pembakar Fletcher. (d) *Striker* nyala api yang bekerja-positif. Pergerakan cepat *flint* akan menyulut pembakar gas jenis

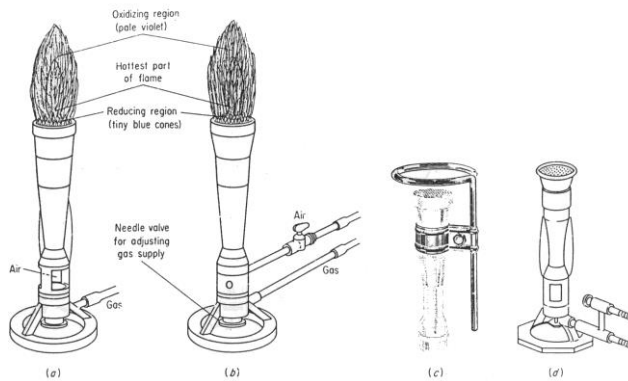
apapun dan mencegah terbakarnya jari.

- e) Atur sekrup dan selongsong untuk menghasilkan nyala api non-luminous dengan kerucut biru sebelah dalam yang runcing (Gambar 7).



Gambar 7 Mengatur nyala api.

Ada berbagai macam pembakar yang digunakan di laboratorium. Bunsen, Tirrill, dan Fletcher (Gambar 6) merupakan yang paling umum. Ketika diperlukan nyala api yang sangat panas, pembakar Fisher (Gambar 8a) sangat berguna; nyala api yang lebih panas lagi dapat diperoleh dengan pembakar tiup (*blast burner*; Gambar 8b dan d). Penyangga halo (Gambar 8c) digunakan untuk pemanasan yang terarah dengan pembakar Fisher yang manapun.



Gambar 8 Pembakar yang menghasilkan nyala api yang sangat panas: (a) Pembakar Fisher. (b) Pembakar tiup Fisher. (c) Penyangga halo. (d) Pembakar tiup Meker.

Untuk membantu Anda memilih pembakar yang tepat, Anda harus mengetahui jenis gas di laboratorium Anda; gas buatan, campuran, alam, atau tabung. Kemudian Tabel 4 akan memberi tahu Anda secara sekilas kisaran Btu dari setiap pembakar. Untuk pembakaran yang efisien gas di atas 800 Btu, gunakan pembakar yang dilengkapi dengan tutup penstabil atau dengan tutup penguat-panas khusus.

Tabel 4 Memilih pembakar yang tepat

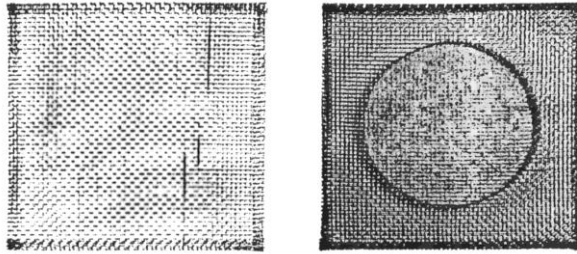
Type of burner	Designed for gas of Btu rating											
	Artificial gas			Mixed gas			Natural gas			Cylinder gas		
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1600	2000	2400	2800
Bunsen	██████████			████████████████████						██████████		
Fletcher	██████████			████████████████████						██████████		
Tirill	██████████			████████████████████						██████████		
Micro	██████████			████████████████████						██████████		
Meker	██████████			████████████████████						██████████		

Sumber: Corning Glass Works.

2) *Pemanasan dengan Pembakar Gas dengan Nyala Api Terbuka*

- (a) Atur pembakar agar diperoleh nyala api kecil. Pembakar akan memanaskan perlahan-lahan, tetapi yang lebih penting, ia akan memanaskan secara merata dan seragam. Panas yang seragam dapat menjadi faktor penting dalam beberapa reaksi kimia.
- (b) Atur kedudukan cincin (*ring stand*) atau jepitan (*clamp*) yang menahan alat kaca, sedemikian rupa sehingga api mengenai kaca di bawah permukaan cairan. Memanaskan di atas permukaan cairan sama sekali tidak membantu meratakan pemanasan larutan. Bahkan tindakan ini dapat menyebabkan guncangan termal dan memecahkan alat kaca.
- (c) Selalu gunakan kasa kawat (Gambar 9) ketika memanaskan alat kaca laboratorium dengan pembakar-gas Bunsen, Fisher, Meker, atau yang lainnya. Kasa mendistribusikan panas sehingga pemanasan seragam, dan menyebarkan

nyala api untuk mencegah pemanasan alat kaca hanya pada 1 titik.



Gambar 9 Kasa kawat yang polos dan yang dengan asbes di bagian tengahnya.

(d) Jangan memanaskan cairan terlalu cepat. Pemanasan yang cepat dapat menyebabkan luapan, percikan, dan luka, selain hilangnya larutan.

Perhatian: Waspadalah akan suhu tinggi yang dapat dicapai ketika bekerja dengan peranti listrik dan pembakaran (lihat Tabel 5).

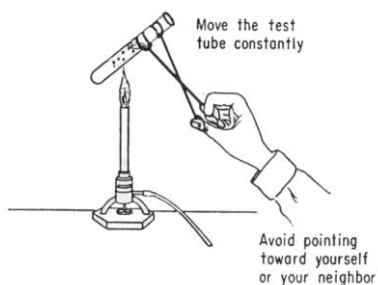
Tabel 5 Beberapa peranti suhu-tinggi yang tersedia di laboratorium

Peranti yang digunakan	Perkiraan suhu yang diperoleh (°C)
Peranti listrik:	
Pemanas resistans kawat Nichrome	1150
Batang resistans silikon karbida	1425
Induksi frekuensi-tinggi	1650
Busur listrik DC (elektrode karbon)	3000
Peranti pembakaran:	
Lampu alkohol	1350
Pembakar Bunsen (gas alam)	1225
Pembakar Meeker (gas alam)	1300
Lampu tiup (gas alam dan udara termampatkan)	1400
Obor	1600
Gas alam + O ₂	2300
Asetilena + udara termampatkan	3100
Asetilena + O ₂	2600
Hidrogen + O ₂	4000
Hidrogen atomik (Langmuir)	

3) Pemanasan Cairan yang Tidak Mudah Terbakar

(a) Dalam Tabung Reaksi

- (1) Isikan tabung reaksi tidak lebih dari setengah penuh.
- (2) Pegang tabung reaksi dengan jepitan tabung reaksi (Gambar 10).
- (3) Arahkan mulut tabung reaksi *jauh* dari Anda dan dari siapapun di dekat Anda.
- (4) Tempatkan tabung reaksi dalam nyala api, dan *gerakkan secara konstan*. Jika tabung tidak terus digerakkan, cairan akan menjadi sangat panas, dan akan terbentuk uap yang dapat menyemburkan cairan dengan hebat (Gambar 11).



Gambar 10 Jepitan tabung reaksi.

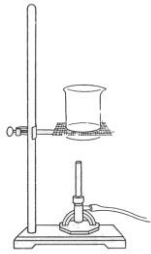
Gambar 11 Memanaskan cairan dalam tabung reaksi.

Goyangkan terus-menerus tabung reaksi menyamping untuk mencegah meletupnya cairan.

(b) Dalam Gelas Piala atau Labu

Metode 1:

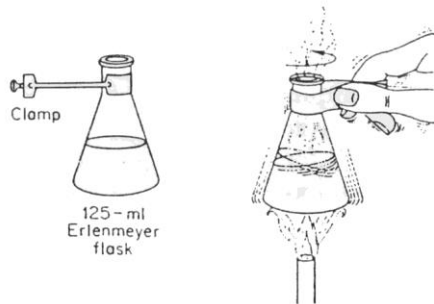
- (1) Tempatkan gelas piala di atas kasa kawat yang bagian tengahnya asbes yang diletakkan di atas kaki tiga (*tripod*) atau dudukan cincin (Gambar 12).
- (2) Panaskan dengan pembakar-gas.



Gambar 12 Rangkaian untuk memanaskan larutan.

Metode 2:

Genggam leher labu seperti pada Gambar 13 dan panaskan.



Gambar 13 Memanaskan labu kecil.

4) Mendidihkan

Ketika suatu cairan mendidih, suhu harus sedikit di atas titik didihnya sebelum pembentukan gelembung mulai terjadi. Ketika gelembung terbentuk, mereka dapat hilang kembali (karena terlalu kecil) atau terus mengembang (karena cukup besar) dan muncul ke permukaan. Saat sejumlah cairan dipanaskan, suhunya dapat naik jauh melebihi titik didihnya tanpa terbentuk gelembung sama sekali. Hal ini disebut lewat-panas (*superheating*). Jika gelembung mulai terbentuk pada

keadaan lewat-panas ini, ia dapat mengembang dalam sekejap dengan gaya ledakan yang dahsyat, yang dapat menggetarkan wadah alat kaca sedemikian hebatnya sehingga pecah dan hancur.

(a) *Penggunaan Batu Didih dan Keping Didih*

Untuk mencegah pemanasan berlebihan pada cairan, dapat digunakan batu didih atau keping didih, yang berperan sebagai gelembung buatan. Tidak banyak batu didih yang diperlukan, tetapi harus cukup jumlahnya agar selalu terdapat beberapa batu didih di dasar, sekalipun ada yang terangkat.

Batu didih pada dasarnya ialah 99,6% silika murni, yang dilebur dan diikat membentuk batu yang memiliki sangat banyak ujung tajam untuk pelepasan gelembung uap. Mereka lembam secara kimia, dan ketika digunakan, mereka menghentikan letupan, mengurangi bahaya pecah, dan mempercepat penyulingan. Mereka memungkinkan pemisahan yang lebih tajam fraksi-fraksi dalam penyulingan, dan terutama efisien untuk pelumatan Kjeldahl. *Keping didih* merupakan kepingan mikropori yang lembam secara kimia, terbuat dari karbon atau bahan lain, yang digunakan untuk tujuan yang sama seperti batu didih. Pecahan tabung kaca yang bersih dapat digunakan sebagai keping didih.

Perhatian: Jangan menambahkan batu didih atau keping didih ke dalam cairan panas. Sejumlah besar uap akan terbentuk dengan segera, menyebabkan *pembentukan buih*, *pemercikan*, dan *pelontaran* cairan yang dipanaskan dari labu itu. *Selalu dinginkan larutan Anda* sebelum menambahkan batu didih.

B. Memanaskan Cairan Organik

Pada praktiknya, semua cairan organik mudah terbakar. Semakin rendah titik didihnya, semakin mudah terbakar. Jika identitas cairan diketahui, periksa titik didihnya pada buku pegangan rujukan. Asumsikan *semua cairan organik mudah terbakar* sampai Anda mendapati sebaliknya.

Pilihlah sistem pemanasan bergantung pada (1) kemudahan cairan untuk terbakar, (2) bejana yang digunakan, dan (3) ada-tidaknya bahaya api dalam wilayah kerja.

Perhatian: Uap cairan yang mudah terbakar harus dijauhkan dari nyala api terbuka. Jangan memanaskannya dalam gelas piala atau labu *terbuka* dengan pembakar gas. Uap yang lebih berat daripada air akan bergerak turun dan mengenai api.

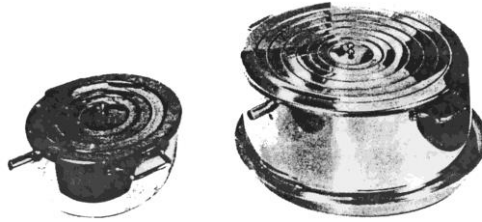
(a) *Metode 1*

- (1) Panaskan penangas pasir atau minyak mineral yang sangat tinggi titik didihnya, dengan pembakar gas.
- (2) Matikan pembakar gas.
- (3) Benamkan gelas piala atau labu dalam penangas yang telah dipanaskan tersebut untuk memanaskan bahan.

(b) *Metode 2*

Jika suhu sampai 100 °C sudah memadai, gunakan penangas uap air (Gambar 14).

1. Tempatkan labu dalam penangas uap setelah melepaskan sejumlah cincin penyangga yang diperlukan untuk memberikan permukaan pemanas yang maksimum.
2. Alirkan uap air ke dalam inlet *atas*.
3. Hubungkan *outlet* bawah dengan saluran air untuk mengeluarkan embunnya.

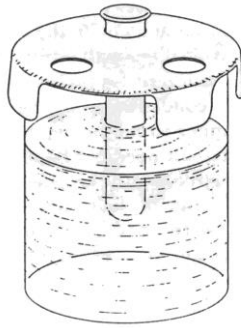


Gambar 14 Penangas air yang dipanaskan dengan uap atau dengan listrik digunakan untuk memanaskan larutan yang memerlukan suhu tidak melebihi 100 °C.

Catatan: Air mengembun dalam lintasan uap ketika penangas tidak digunakan. Keluarkan air itu terlebih dulu sebelum menghubungkan lintasan uap dengan penangas. Begitu penangas dipanaskan, aliran uap yang lambat akan menjaga suhu cairan di dalam wadah. Hindari aliran uap yang terlalu banyak; pengembunan dapat berlangsung di tempat lain di laboratorium dan menimbulkan masalah.

(c) Metode 3

Tabung reaksi yang berisi cairan-mudah-terbakar dapat dipanaskan dalam penangas air-panas. Penangas ini (Gambar 15) dapat dibuat dengan mudah dari aluminium lunak. Ia dapat dibentuk dengan tangan, dan lubang-lubangnya dapat dipotong dengan bor sirkular atau pisau.

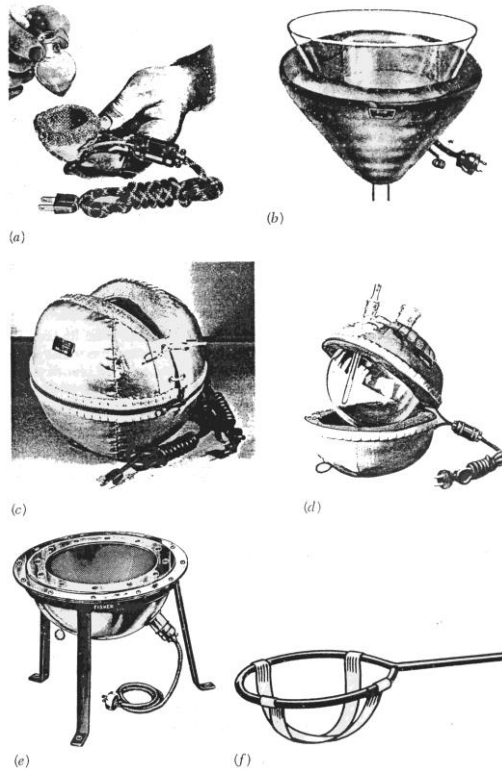


Gambar 15 Penangas air-panas tabung-reaksi.

C. Peranti Pemanasan Tanpa-Api

Selain penangas pasir dan penangas uap yang disebutkan di atas, terdapat metode lain untuk memanaskan cairan yang mudah terbakar.

Mantel pemanas (Gambar 16) memberikan transfer kalor yang aman dan sangat baik untuk memanaskan sebagian besar wadah, dan tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran. Panas diatur dengan trafo variabel.



Gambar 16 Mantel pemanas. (a) Mantel labu tersedia dalam berbagai ukuran dan bentuk. (b) Jenis corong. (c–f) Mantel asbes dengan berbagai desain, ukuran, dan penyangga.

(a) *Mantel Pemanas*

Mantel terdiri atas sebuah pemanas resistans-listrik terisolasi yang sederhana dan hanya memerlukan catu daya (*power supply*) listrik. Namun, penggunaan trafo variabel atau pengendali otomatis dianjurkan untuk mencegah pemanasan berlebih dan untuk menghasilkan pengaturan suhu yang akurat. Dalam beberapa hal, mungkin sangat diperlukan penggunaan trafo

variabel dan peranti otomatis bersama-sama untuk pengaturan yang sangat akurat. Instruksi untuk sambungan dan pengoperasian susunan ini tersedia.

Untuk keamanan, steker 3-gigi dari kabel pada mantel harus selalu dimasukkan ke dalam *ground outlet* untuk membumikan secara listrik peralatan itu. Karena bagian luar dari beberapa mantel merupakan isolator, mantel-mantel ini dilengkapi dengan kabel dua kawat.

Dengan perawatan dan kerja yang baik, mantel pemanas akan memberikan layanan yang lama dan efisien. Tumpahan bahan kimia, pemanasan berlebih, dan penyalahgunaan yang umum akan sangat memperpendek umur mantel. Pemeliharaan mantel secara terjadwal tidak diperlukan. Tentu saja, setiap kerusakan yang terjadi pada mantel harus segera diperbaiki. Mantel sedapat mungkin harus dilindungi dari tumpahan bahan kimia dan atmosfer korosif.

Satu-satunya batasan dalam penggunaan mantel ialah batas atas suhu 450 °C untuk kain kaca pada sebagian mantel dan 650 °C untuk sebagian lainnya. Sebagian besar mantel dilengkapi dengan termokopel Constantan-besi untuk mengukur suhu kain. Pada kondisi normal, 650 °C tidak boleh dilampaui.

Dalam mantel bulat dengan kapasitas 12 L atau lebih, terdapat tiga sirkuit pemanas - dua pada belahan bagian bawah dan satu pada belahan bagian atas. Masukan kalor dalam setiap sirkuit harus diatur dengan trafo variabel yang cocok. Dua sirkuit di sebelah bawah menyediakan kalor untuk mendidihkan muatan cairan, sedangkan sirkuit sebelah atas mencegah pengembunan uap. Akan jarang diperlukan pengoperasian sirkuit sebelah atas pada lebih dari 60 atau 70 V. Untuk cairan yang mudah mendidih, sirkuit sebelah atas tidak perlu digunakan. Ketika labu penuh dengan cairan, kedua sirkuit bawah dapat dioperasikan pada

tegangan yang ditentukan. Jika permukaan cairan berada di bawah tanda setengah-jalan (dibuat-sendiri) pada labu, tegangan pada sirkuit No. 2 harus diturunkan ke 70 atau kurang. Hal ini akan mencegah pemanasan berlebih uap dan pemanasan berlebih kain kaca dalam sirkuit No. 2.

Prosedur:

- (1) Pilih mantel yang tepat yang pas betul dengan wadah.
- (2) Hubungkan alat ukur penunjuk-suhu dengan trafo.
- (3) Atur trafo sesuai yang diperlukan untuk menjaga suhu yang tepat dari labu cairan-reaksi.

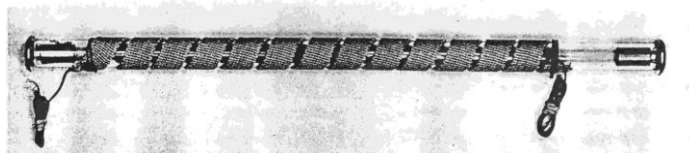
Peringatan Dini dalam Menggunakan Mantel Pemanas:

- (1) Jangan biarkan permukaan cairan dalam labu berada di bawah permukaan mantel. Kaca antara permukaan cairan dan permukaan mantel akan menjadi jauh lebih panas daripada bagian lainnya dari labu itu. Bahan yang memercik pada kaca ekstra-panas tersebut akan menjadi terlalu panas dan mungkin terurai atau jika tidak, menimbulkan masalah.
- (2) Selalu biarkan mantel mencapai panas kesetimbangannya. Mantel memanaskan secara perlahan. Jangan meningkatkan panas mantel terlalu cepat; Anda mungkin memberikan terlalu banyak panas.
- (3) Selalu keluarkan labu yang dipanaskan dengan mantel di atas permukaan meja. Anda mungkin perlu menghentikan pemanasan segera, dan sekadar mematikan listrik tidak begitu saja menghentikan pemanasan labu oleh mantel. Mantel memiliki kapasitas kalor yang tinggi. Ketika labu dikeluarkan, mantel dapat dipindahkan dengan cepat, untuk menghilangkan sumber kalor.

(b) Pita Pemanas

Pita pemanas lentur (Gambar 17) dibuat dari kawat resistans terisolasi yang *finely stranded* yang dihubungkan dengan *electrical*

leads. Mereka dibuat untuk 110 atau 220 V, dan mungkin diisolasi dengan kaca, karet, silikon, atau polimer lainnya. Pengaturan suhu wajib dilakukan, dan dapat dilakukan dengan trafo variabel atau pengatur termostatik otomatis.



Gambar 17 Pita pemanas.

(c) Penangas Minyak yang Dipanaskan dengan Listrik

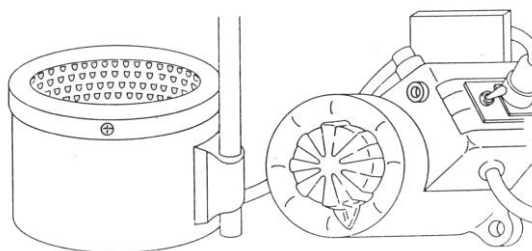
Penangas minyak yang dipanaskan dengan listrik menggunakan minyak mineral biasa yang aman digunakan sampai 200 °C. Cairan manapun yang terdaftar pada Tabel 6 dapat menggantikan minyak mineral, dengan keuntungan dan kekurangan masing-masing.

Tabel 6 Zat-zat yang dapat digunakan untuk penangas pemanasan

Medium	Titik leleh (°C)	Titik didih (°C)	Kisaran suhu penggunaan (°C)	Titik nyala (°C)	Komentar
Air	0	100	0–100	Tak ada	Ideal
Minyak silikon	–5	287	0–250	310	Agak kental pada suhu rendah
Trietilena glikol	18	290	–20 s.d. 260	160	Nonkorosif
Gliserin	50	–	60–300	199	Larut dalam air, tidak beracun
Parafin	–	340	150–320	–	Mudah terbakar
Dibutil ftalat	–	–	–	–	Umum digunakan

Penangas ini diatur dengan sebuah trafo tegangan-variabel (Gambar 18), dan elemen pemanas-nya ialah sebuah kumparan

imersi, yang meminimalkan bahaya api. Karena diperlukan waktu yang cukup panjang agar penangas minyak mencapai suhu yang diinginkan, disarankan untuk memanaskan terlebih dulu unit itu secara parsial sebelum betul-betul diperlukan. Penangas juga mengurangi kemungkinan gosong, yang dapat terjadi ketika bejana reaksi dipanaskan dengan menggunakan api.



Gambar 18 Penangas minyak dengan sebuah trafo variabel.

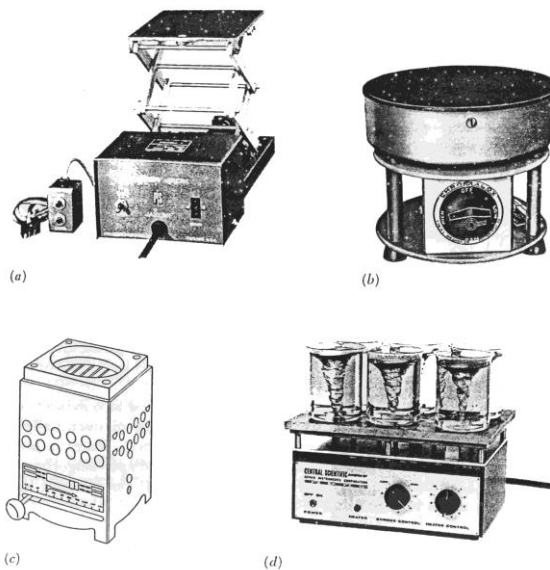
Perhatian: Minyak mineral dapat ‘menyala’ dan terbakar menjadi nyala api di atas 200 °C, dan apinya tidak mudah dipadamkan. Minyak mineral pada akhirnya teroksidasi dan menghitam, dan air harus dijauhkan darinya. Air dalam minyak panas dapat menyebabkan percikan, dan luka bakar akibat minyak panas menyakitkan dan berbahaya. Penangas ini mungkin sangat berat, dan sebuah *jack* (Gambar 19a) dapat digunakan untuk mengatur tinggi penangas.

(d) Lempeng Pemanas (Hot Plate)

Terdapat beragam lempeng pemanas, masing-masing dirancang untuk pekerjaan khusus atau sebagai peranti pemanas umum (Gambar 19b-d). Semua alat dengan elemen pemanas yang terpapar tidak boleh digunakan untuk memanaskan pelarut organik yang mudah terbakar, dan perhatian harus selalu diberikan ketika memanaskan pelarut-pelarut itu dengan lempeng pemanas

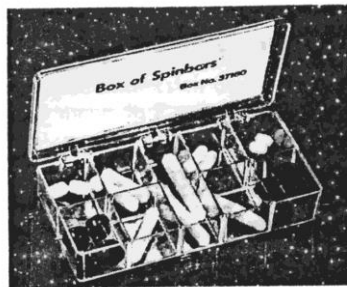
yang memiliki elemen tertutup. Beberapa lempeng pemanas memiliki alat pengatur untuk mengubah kalor dengan kenaikan yang kecil, sedangkan yang lainnya hanya mengatur dari panas rendah ke pertengahan ke tinggi.

Beberapa lempeng pemanas memiliki pengaduk magnetik terpasang yang kecepatan putarannya dapat diatur. Magnet yang berputar di bawah wadah kaca memutar pengaduk magnetik berlapis-plastik (untuk mencegah pencemaran) yang ada di dalamnya (Gambar 20). Perputaran magnet batang sebelah dalam mencampur larutan, sehingga pemanasan dan pencampuran dapat dilakukan bersamaan. Magnet yang berputar juga menciptakan turbulensi dalam cairan, yang memecah gelembung besar dalam larutan yang mendidih, dan menghambat peletupan.



Gambar 19 (a) Sebuah *jack* bertenaga listrik dengan *remote control* untuk penggunaan dalam daerah berbahaya. Alat ini mengangkat sampai 100 lb setinggi 9 in. (b)

Lempeng pemanas *heavy-duty* dengan suhu yang dapat diatur untuk memanaskan zat-zat yang tidak mudah terbakar. (c) Lempeng pemanas kumparan-terbuka dengan suhu yang dapat diatur untuk memanaskan zat-zat yang tidak mudah terbakar. (d) Lempeng pemanas dengan beberapa permukaan, pengaduk magnetik, serta laju pemanasan dan pengadukan yang dapat diatur, untuk penggunaan dengan batang pengaduk magnetik.



Gambar 20 Batang pengaduk magnetik berlapis-Teflon.

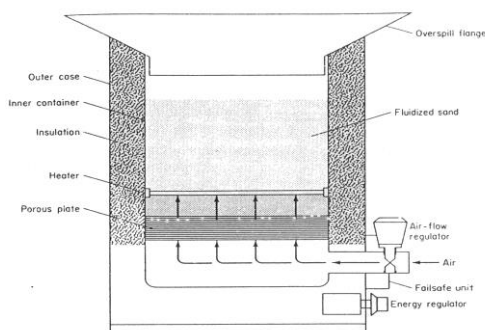
Peringatan Dini dalam Menggunakan Hot Plate:

1. Seluruh permukaan atas memanaskan dan tetap panas selama beberapa waktu setelah lempeng pemanas dimatikan. (*Ingatlah hal ini!*)
2. Pastikan bahwa kabel, steker, dan penghubung listrik dalam kondisi yang baik. Jangan menggunakan lempeng pemanas dengan kabel atau komponen listrik yang cacat. Anda dapat tersengat listrik; kebakaran juga dapat terjadi akibat hubungan arus pendek.

(e) Penangas Alir (*fluidized bath*)

Pada jenis penangas ini, terdapat sebuah unggun alir

(*fluidized bed*) yang tersusun dari sangat banyak partikel padat yang terkemas longgar. Melalui unggun ini, suatu aliran gas, biasanya udara, dibuat mengalir secara vertikal ke atas (Gambar 21). Ketika terjadi pengaliran, setiap partikel bersirkulasi dengan bebas sehingga unggun terlihat memiliki sifat-sifat cairan. Ia memperlihatkan daya apung dan viskositas, dan menjadi medium transfer-kalor yang luar biasa. Suhu unggun alir dapat diatur dengan akurat pada kisaran yang lebar. Partikel aluminium oksida tidak memiliki titik leleh atau titik didih dan merupakan pemanas suhu konstan yang ideal.



Gambar 21 Skema pemanas alir.

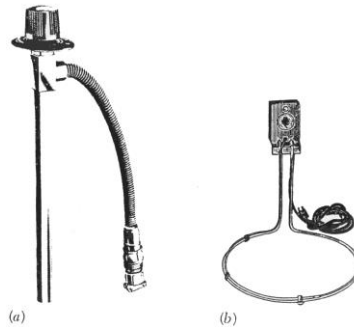
Prosedur

1. Alirkan udara dan atur lajunya sampai unggun teralirkan.
2. Masukkan alat laboratorium ke dalam medium yang dialirkan itu sebagaimana diinginkan.
3. Atur pengatur pemanas sesuai keinginan. Pemanas sekarang dapat dioperasikan.

(f) Pemanas Imersi

Berbagai jenis pemanas imersi digunakan di laboratorium. Pemanas imersi yang umum untuk penggunaan di laboratorium (Gambar 22a) bekerja pada 110 sampai 220 V, dari kapasitas 100 sampai 2000 W, dan biasanya dijalankan oleh suatu termostat imersi. Jenis ini hanya pemanas.

Suatu pemanas imersi cair dengan pengaturan suhu variabel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22b digunakan untuk penangas pemanasan suhu-konstan.



Gambar 22 Pemanas imersi.

C. Peralatan Lain yang Digunakan untuk Pemanasan dan Pengeringan

(a) *Tanur Muffle*

Tanur *muffle* (Gambar 23) merupakan tanur yang dipanaskan dengan listrik, yang dirancang untuk bekerja secara terus-menerus pada suhu sampai 1200 °C (2200 °F). Suhu, yang diatur dengan memutar kenop pengatur, dibaca dari sebuah pirometer penunjuk yang biasanya dikalibrasi pada kedua skala suhu. Tanur ini digunakan untuk melelehkan logam dalam jumlah sedikit, untuk perlakuan dengan panas, dan untuk analisis kimiawi.



Gambar 23 Tanur *muffle* dengan *dial* penunjuk-suhu, pengatur suhu reostat yang dapat diatur, dan penutup pintu otomatis.

(b) Peniup Udara-Panas

Peniup udara-panas (Gambar 24) menghasilkan panas tanpa nyala api; suhunya bergantung pada rancangan dan daya peniup itu. Instrumen ini berguna untuk mengeringkan alat laboratorium yang basah, mengeringkan contoh, memanaskan tabung plastik yang akan dibentuk, dan untuk bermacam-macam pekerjaan yang lain. Suhu kerja tercapai dalam seketika, dan beberapa memiliki pengatur pipa penyemprot yang mengarahkan dan menyebarkan udara yang dipanaskan.



Gambar 24 Peniup udara-panas.

(c) Lampu Inframerah dan Oven

Lampu inframerah (250 W) (Gambar 25) dapat menghasilkan seberkas panas yang terarah dengan radiasi dalam daerah inframerah-dekat. Mereka digunakan untuk mengeringkan contoh, memberikan panas yang dapat diatur (dengan mengubah-ubah jarak), dan dapat digunakan dalam sebuahudukan lampu portabel leher-angsa.



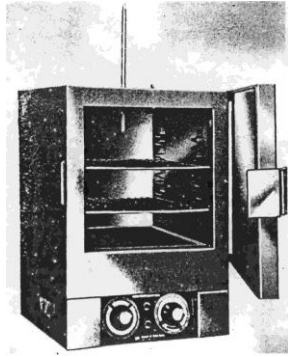
Gambar 25 Lampu inframerah.

Oven inframerah menggunakan lampu inframerah 125-, 275-, dan 350-W untuk mengeringkan contoh dan menguapkan cairan. Rak dapat diatur untuk mengakomodasi wadah dengan berbagai ukuran dan untuk mengubah-ubah jarak wadah dari lampu.

(d) Oven yang Dipanaskan dengan Listrik

Oven digunakan pada semua laboratorium ilmiah dan pada prosedur produksi yang melibatkan pengeringan, pemanggangan, pemanasan awal, pemeraman, dan pengasapan serta untuk semua pengujian yang melibatkan penggunaan panas yang terkontrol untuk periode waktu tertentu. Terdapat dua tipe umum: konveksi gravitasi dan konveksi mekanis.

Oven Konveksi-Gravitasi. Oven ini pada dasarnya tersusun dari sebuah wadah terisolasi dengan elemen pemanas terletak di bagian bawah (Gambar 26). Udara yang dipanaskan naik melalui konveksi gravitasi.



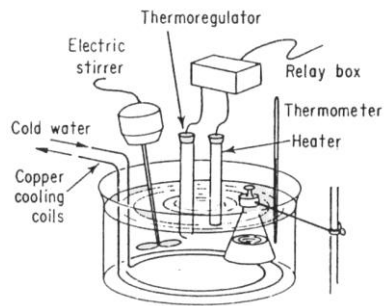
Gambar 26 Oven yang dipanaskan dengan listrik untuk mengeringkan contoh, memanggang, dan mensterilkan. Suhunya diatur secara otomatis dengan kisaran kira-kira $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan alat terhubung dengan sebuah sakelar nyala-mati dan lampu pilot.

Oven Konveksi-Mekanis. Oven ini memiliki sebuah sistem peniup mekanis, yang membuat unit itu lebih menguntungkan daripada jenis gravitasi. Udara bersirkulasi lebih cepat; suhu dapat jauh lebih seragam di seluruh unit; dan terdapat toleransi pengaturan yang lebih baik dengan simpangan suhu yang lebih kecil. Oven konveksi-mekanis dapat melakukan semua fungsi sederhana dari unit konveksi-gravitasi; namun, mereka lebih mahal pada awalnya, memerlukan lebih banyak ruang, dan memerlukan pemeliharaan lebih karena strukturnya yang lebih rumit.

D. Penangas Suhu Konstan

Penelitian yang memerlukan terjaganya suhu konstan untuk suatu prosedur menggunakan penangas suhu-konstan

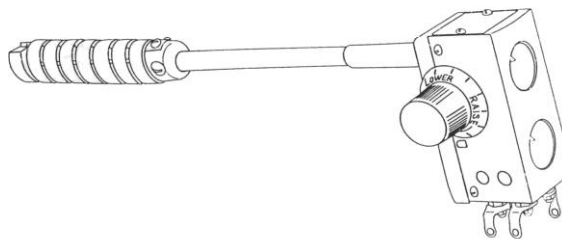
(Gambar 27).



Gambar 27 Penangas suhu-konstan.

E. Radas dan Kegunaan

- (a) Sebuah wadah kaca atau logam yang cukup besar merupakan penangasnya.
- (b) Tabung tembaga, yang melaluinya air dingin bersirkulasi sesuai kebutuhan, ialah komponen pendinginnya.
- (c) Pengaduk listrik atau pompa sirkulasi menyamakan distribusi kalor.
- (d) Sebuah termoregulator memungkinkan pengaturan suhu sampai sekitar $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Gambar 28).
- (e) Pemanas listrik, yang diaktifkan oleh termoregulator tersebut, memanaskan larutan sesuai kebutuhan.
- (f) Sebuah termometer membaca suhu.
- (g) Kisaran suhu ialah -15 sampai $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- (h) Minyak menggantikan air untuk suhu $100\text{--}250\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Gambar 28 Termoregulator jenis-kontak-listrik dengan rancangan kontak terbuka atau tahan-ledakan. Pencelupan dalam cairan membuka dan menutup kontak seiring berubah-nya suhu. Pengaturan reostat memungkinkan *setting* suhu diubah-ubah.

F. Penangas Pendinginan

(a) *Campuran Es-Garam*

Ketika diperlukan suhu rendah dalam suatu prosedur untuk mengumpulkan gas, melakukan suatu reaksi, atau mengembunkan gas distilat yang atsiri, campuran es-garam yang disenaraikan dalam Tabel 7 dapat digunakan untuk mencapai suhu yang diinginkan. Faktor-faktor penentu dalam mencapai suhu akhir yang ditetapkan meliputi

1. Laju pencampuran.
2. Pemindahan kalor dari wadah.
3. Kehalusan es batu.

Tabel 7 Campuran untuk penangas pendinginan

Zat	Suhu awal (°C)	g/100 g H ₂ O	Suhu akhir (°C)
KCl	0 (es)	30	-10
NaCl	0 (es)	33	-21
MgCl ₂	0 (es)	85	-34
CaCl ₂ ·6H ₂ O	0 (es)	143	-55

(b) Es

Penangas es pada dasarnya penangas air-es. Potongan besar es buruk sentuhannya terhadap dinding bejana; karena itu, diperlukan air cair untuk membuat medium pendinginan efisien.

Labu termos atau wadah berisolasi-busa meminimalkan perpindahan kalor agar efisiensi penangas pendinginan maksimum.

(1) Es Kering

Es kering (karbon dioksida padat) memberikan suatu cara yang mudah untuk mencapai suhu sangat rendah. Es kering dihancurkan dan dicampur dengan etanol, aseton, atau xilena. Ketika dicampur dengan etanol atau aseton, suhu yang dihasilkannya dapat mencapai -72 °C.

Perhatian: Es kering berbahaya. Tangani dengan hati-hati! Jangan dipegang dengan tangan atau jari telanjang. Ia akan menyebabkan “luka bakar” dingin yang parah.

(c) Nitrogen Cair

Nitrogen cair, pada suhu -195,8 °C, dapat digunakan jika prosedur memerlukan suhu serendah itu. Namun, suhu yang dapat dicapai dengan es kering biasanya telah memenuhi kebutuhan laboratorium.

(d) Refrigerated Coolers

Unit yang mengandung komponen refrigerasi dapat memberikan suhu sangat rendah sesuai kebutuhan tanpa menggunakan es kering. Rancangan unit tersebut menentukan kisaran suhunya; setiap unit memiliki kapasitas pendinginan tertentu. Kumparan dapat dicelupkan dalam cairan yang dipilih dengan benar; seperti etilena glikol atau minyak silikon, untuk memberikan suhu pendinginan yang dikehendaki pada peralatan laboratorium dengan bantuan pompa sirkulasi.

BAB IX

TEKNIK PENYARINGAN DI LABORATORIUM

A. Teknik Penyaringan

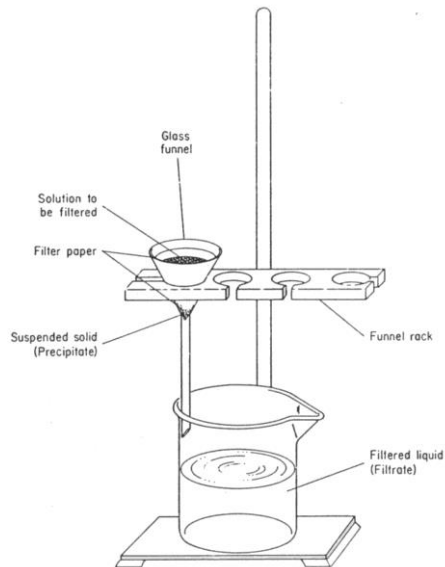
Penyaringan ialah proses pemisahan bahan yang sering dilakukan di laboratorium; sering tetapi tidak selalu padatan, dari suatu substrat (cairan atau gas) yang di dalamnya ia tersuspensi. Proses ini bersifat fisis; reaksi kimia apapun adalah tidak disengaja dan biasanya tidak diinginkan. Penyaringan dilakukan dengan melewatkan campuran yang akan diproses melalui *media penyaringan*, yang dapat berupa penyaring permukaan dan penyaring kedalaman.

Dengan penyaring permukaan, penyaringan pada pokoknya merupakan proses pengeluaran (eksklusi): partikel yang lebih besar daripada dimensi pori atau mesh penyaring tertahan pada permukaan penyaring; semua bahan lainnya lewat. Contohnya ialah kertas saring, membran, ayakan mesh, dan yang sejenis. Penyaring ini sering digunakan ketika padatan akan dikumpulkan dan filtrat akan dibuang. Penyaring kedalaman, di sisi lain, menahan partikel baik pada permukaannya maupun sepanjang ketebalannya; mereka lebih mungkin digunakan dalam proses industri untuk menjernihkan cairan untuk pemurnian. Lapik (*mat*) Celite adalah contohnya. Penyaringan paling lazim digunakan dalam salah satu dari empat cara berikut:

1. *Penyaringan padat-cair*: Pemisahan bahan partikulat padat dari suatu cairan pembawa.

2. *Penyaringan padat-gas*: Pemisahan bahan partikulat padat dari suatu gas pembawa.
3. *Pemisahan cair-cair*: Suatu kelas penyaringan khusus yang menghasilkan pemisahan dua cairan tak-saling-campur, salah satunya air, dengan bantuan media hidrofobik.
4. *Penyaringan gas-cair*: Pemisahan bahan bergas dari suatu cairan tempat ia biasanya, tetapi tidak selalu, larut.

Di dalam laboratorium, penyaringan umumnya digunakan untuk memisahkan pengotor padat dari suatu cairan atau larutan, atau untuk mengumpulkan suatu zat padat yang diendapkan atau direkristalisasi dari cairan atau larutan. Proses ini dapat dilakukan dengan bantuan gravitasi semata (Gambar 29) atau dapat dipercepat dengan menggunakan teknik vakum. Penyaringan vakum memberikan gaya tekanan udara pada larutan selain gaya gravitasi, dan karena itu, meningkatkan laju penyaringan.



Gambar 29 Rancangan penyaringan-gravitasi.

Efisiensi penyaringan bergantung pada pemilihan metode yang tepat, berbagai radas yang tersedia, penggunaan medium penyaringan yang paling cocok untuk proses tertentu, dan penggunaan teknik laboratorium yang tepat dalam melakukan manipulasi yang terlibat. Selama penyaringan (seperti disebutkan sebelumnya), cairan biasanya dipisahkan dari padatan dengan menuangnya melalui suatu penyaring, biasanya kertas saring. Cairan melalui kertas itu sedangkan padatannya tertahan. Meskipun cairan pembawa biasanya relatif non-reaktif, terkadang diperlukan penyaringan bahan dari cairan pembawa yang sangat basa atau asam atau pada kondisi sangat reaktif lainnya. Terdapat berbagai media penyaringan yang daripadanya dapat dipilih salah satu yang paling sesuai dengan tujuan khusus dan kondisi proses yang diberikan. Media penyaringan yang paling lazim ialah kertas, “kertas” atau lapik kaca-serat, krus Gooch, krus dan corong kaca masir (*sintered-glass* atau *fritted-glass*), krus porselen berpori, krus Monroe, dan membran Millipore®. Semuanya tersedia dalam bermacam-macam porositas, dan penggunaan mereka akan dibahas lebih jauh di bab ini.

B. Metode Penyaringan

Terdapat dua metode penyaringan yang umum, yaitu gravitasi dan vakum (atau pengisapan). Selama penyaringan gravitasi, filtrat melalui medium penyaringan dengan gabungan gaya gravitasi dan gaya tarik kapiler antara cairan dan batang corong. Dalam penyaringan vakum, suatu beda tekanan dipertahankan melintasi medium penyaringan dengan mengevakuasi ruangan di bawah medium itu. Penyaringan vakum menambahkan gaya tekanan udara pada larutan terhadap yang diberikan oleh gravitasi, sehingga meningkatkan laju penyaringan. Pemilihan metode yang akan digunakan bergantung pada faktor-faktor berikut:

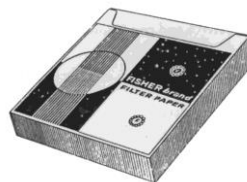
1. Sifat endapan.

2. Waktu yang akan dihabiskan untuk penyaringan.
3. Sejauh mana semua endapan perlu ditahan.
4. Sejauh mana pencemaran endapan oleh filtrat masih dapat diterima.

C. Media Penyaringan

a) Kertas

Terdapat beberapa jenis atau kelas kertas saring (Gambar 30) untuk keperluan khusus: ada kelas kualitatif, kelas kuantitatif rendah-abu atau bebas-abu, kelas yang diperkeras, dan bahkan “kertas” serat-kaca. Untuk suatu penyaringan tertentu, Anda harus memilih kertas saring yang cocok berkenaan dengan porositas dan residunya. Sebagian informasi ini diberikan pada Tabel 8.



Gambar 30 Kertas saring tersedia dalam aneka ukuran dan porositas.

Tabel 8 Kertas saring yang biasa digunakan*

W	S&S	RA	Porositas	Kecepatan	Kegunaan
Kertas kelas-kualitatif atau-biasa					
41	604	202	Kasar	Sangat cepat	Endapan bergelatin
3	595	271	Medium	Medium	Endapan kristalin biasa
	602	201	Medium	Lambat	Endapan halus, digunakan dengan corong Büchner
Kertas kelas-kuantitatif (kurang dari 0,1 mg abu)					
41	589 pita biru	...	Kasar	Sangat cepat	Endapan bergelatin
40	589 pita putih	...	Medium	Cepat	Endapan kristalin biasa
42	589 pita hitam	...	Halus	Lambat	Endapan kristal terhalus

* Kode W: Whatman; S&S: Schleicher and Shüll; RA: Reeve Angel.

Kertas kelas-kualitatif menyisakan sejumlah cukup besar abu ketika dipijarkan (0,7-1 mg dari lingkaran 9-cm) dan karena itu, tidak cocok untuk digunakan dalam analisis kuantitatif yang di dalamnya endapan akan dipijarkan dan ditimbang. Mereka digunakan secara luas untuk menjernihkan larutan, menyaring endapan yang kemudian akan dilarutkan, serta melakukan pemisahan non-kuantitatif umum endapan dari larutan.

Kertas kelas-kuantitatif rendah-abu atau bebas-abu dapat dipijarkan tanpa meninggalkan abu. Residu yang tersisa dari sebuah lingkaran kertas saring rendah-abu berdiameter 11-cm bisa hanya 0,06 mg, sementara untuk kertas bebas-abu, hanya tersisa 0,05 mg atau kurang. Dalam sebagian besar prosedur analitis, massa yang kecil ini dapat dianggap dapat diabaikan.

Kertas yang diperkeras dirancang untuk digunakan dalam penyaringan vakum dan diproses untuk memiliki ketahanan yang sangat baik saat basah serta permukaan bebas-serat-halus yang keras. Mereka juga tersedia dalam kelas rendah-abu atau bebas-abu sama seperti kelas biasa.

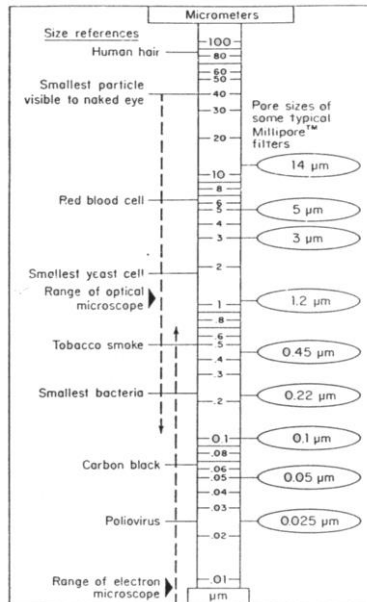
Kertas kaca-serat dibuat dari kaca borosilikat yang sangat halus dan digunakan dalam radas penyaringan Gooch, Büchner, atau yang serupa untuk memberikan kombinasi daya tahan yang sangat baik, penyaringan yang sangat cepat, dan kelembaman terhadap kerja kebanyakan pereaksi sampai tingkatan yang tidak didapati pada kertas selulosa yang manapun.

Semua kelas kertas saring dibuat dalam berbagai ukuran dan dalam beberapa tingkat porositas. Pilihlah porositas yang sesuai untuk endapan yang diberikan. Jika digunakan kertas yang terlalu kasar, kristal yang sangat kecil bisa lewat, sedangkan kertas yang

terlalu halus membuat penyaringan terlalu lambat. Tujuan utamanya ialah melakukan penyaringan secepat mungkin dan menahan endapan di atas kertas dengan kehilangan minimum.

D. Penyaring Membran

Penyaring membran ialah struktur polimerik (plastik) tipis dengan pori-pori yang luar biasa halus. Lembaran bahan sangat berpori ini tersusun dari ester selulosa atau bahan polimerik lain yang murni dan lembam secara hayati. Penyaring semacam ini dapat dibedakan dalam hal kemampuan mereka memisahkan semua bahan partikulat atau mikroorganisme yang lebih besar daripada pori-pori penyaring, dari gas atau cairan yang melaluinya. Dengan pemilihan penyaring yang benar, dapat dihasilkan filtrat yang ultrabersih dan/atau steril.



Gambar 31 Skala yang membandingkan ukuran pori-penyaring Millipore® dengan ukuran mikroba dan mikropartikel.

Penyaring membran tersedia dalam bermacam-macam ukuran pori dengan bahan yang berbeda-beda. Kisaran ukuran pori dan keseragaman ukuran pori dalam suatu penyaring yang khas ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 31.

Ketika cairan melalui suatu penyaring membran Millipore®, semua cemaran yang lebih besar daripada ukuran pori-penyaring tertahan di permukaan, tempat mereka mudah dianalisis atau dihitung. Hal ini sangat berlawanan dengan kerja penyaring "kedalaman", yang menahan cemaran tidak hanya di permukaan, tetapi juga di dalam matriks penyaringnya.

Tabel 9 Keseragaman penyaring Millipore®

Ukuran pori penyaring (µm)	Ukuran maksimum partikel "tegar" yang dapat lewat (µm)	Ukuran pori penyaring (µm)	Ukuran maksimum partikel "tegar" yang dapat lewat (µm)
14	17	0,65	0,68
10	12	0,60	0,65
8	9,4	0,45	0,47
7	9,0	0,30	0,32
5	6,2	0,22	0,24
3	3,9	0,20	0,25
2	2,5	0,10	0,108
1,2	1,5	0,05	0,053
1,0	1,1	0,025	0,028
0,8	0,85		

E. Alat Kaca Masir

Penyaringan padatan dapat dilakukan dengan corong yang dipaskan dengan suatu lempengan *kaca masir*. Kaca masir tersedia dalam porositas yang berbeda-beda, dan sebagian masalah yang dijumpai dalam menggunakan kertas saring diminimumkan dengan menggunakan alat kaca-masir ini. Kelas-kelas alat kaca masir disenaraikan dalam Tabel 10.

Tabel 10 Kelas-kelas alat masir

Penamaan	Ukuran pori maksimum (μm)
Ekstra-kasar	170-220
Kasar	40-60
Medium	10-15
Halus	4-5,5
Sangat halus	2-2,5
Ultrahalus	0,9-1,4

Agar kebergunaannya optimum, alat masir harus dirawat dengan hati-hati. Adalah paling baik jika mengikuti instruksi pabrik yang mungkin disertakan bersama alatnya. Paragraf dan tabel berikut memberikan suatu contoh instruksi semacam itu.

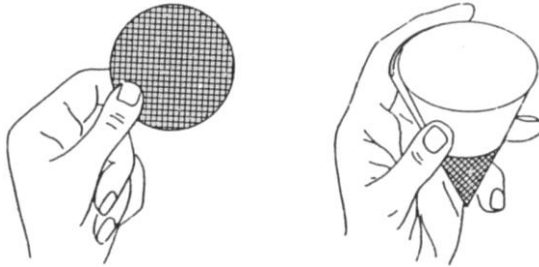
Pembersihan - Penyaring masir yang baru harus dicuci dengan pengisapan dengan HCl panas dan kemudian dibilas dengan air sebelum digunakan. Bersihkan semua penyaring masir segera setelah digunakan. Banyak endapan dapat disingkirkan dari permukaan penyaring dengan hanya membilasnya dari sisi berlawanan dengan air pada tekanan tidak melebihi 15 lb/in². Beberapa endapan cenderung menyumbat pori penyaring masir, dan diperlukan pembersihan secara kimia. Larutan yang disarankan didaftarkan di bawah ini.

Bahan	Larutan pembersih
Bahan berlemak	Tetraklorometana
Bahan organik	Larutan pembersih pekat, panas
Residu raksa	Asam nitrat panas
Perak klorida	Amonia atau natrium hiposulfit

F. Aksesori Penyaringan

a) Penyangga Penyaring

Beberapa larutan yang akan disaring cenderung melemahkan kertas saring dan pada saat yang bersamaan, tekanan akan merobek kerucut kertas saring, dan menggagalkan penyaringan. Cakram tekstil tenunan tipis yang ditunjukkan pada Gambar 32 digunakan untuk menyangga ujung kerucut kertas saring itu.



Gambar 32 Penyangga kertas-saring.

Ketebalan mereka kira-kira sama dengan kertas saringnya, dan karena itu, memastikan hubungan yang rapat antara kertas yang diperkuat dan dinding corong. Mereka dilipat bersama dengan kertas saringnya ketika dibentuk menjadi kerucut, dan mereka mudah dilepaskan dari kertas saring yang basah setelah penyaringan selesai, jika diinginkan. Hal ini dilakukan apabila kertas saring dan endapan yang terkumpul akan diabukan.

b) Alat Bantu Penyaringan

Selama penyaringan, endapan bergom, bergelatin, flokulen, semikoloidal, atau partikulat yang sangat halus sering kali dengan cepat menyumbat pori-pori kertas saring, dan kemudian menghentikan proses penyaringan. Penetapan analitis biasa memerlukan penjernihan positif pada laju penyaringan maksimum. Karena itu, ketika suatu penyaringan yang diperlukan

terganggu atau terhenti oleh adanya partikel-partikel yang membandel, alat bantu penyaringan digunakan untuk mempercepat proses. Alat bantu ini terdiri atas tanah diatom dan dijual dengan nama dagang Celite® atau FilterAid; mereka merupakan bahan mirip-serbuk yang lembam dan amat sangat murni yang membentuk film atau kerak (*cake*) berpori pada medium penyaringan. Ketika digunakan, mereka dibuat bubur (*slurry*) atau dicampur dengan pelarut untuk membentuk pasta tipis, dan kemudian disaring melalui corong Büchner (dengan kertas sudah ada di atasnya) untuk membentuk film atau kerak berketebalan 3–4 mm. Bubur penyaringan yang menyusahkan kemudian disaring melalui kerak itu, dan endapan bergom, bergelatin, atau partikulat yang terbagi sangat halus akan terikat dalam kerak sehingga penyaringan selanjutnya berjalan hampir normal. Sebagai prosedur alternatif, alat bantu penyaringan ditambahkan langsung ke bubur yang menjadi masalah tadi dengan pencampuran yang baik. Penyaringan dipercepat dengan terbentuknya film atau kerak berpori pada medium penyaringan dan dihasilkan filtrat dengan kecerahan kristalin yang cemerlang. Semua bahan tersuspensi telah tertahan pada corong, dan penyaringan biasanya berlangsung cepat.

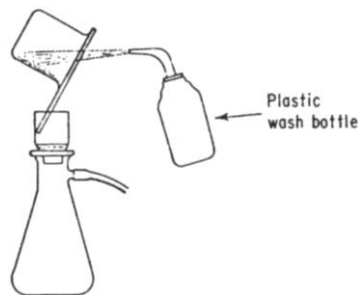
Keterbatasan Alat Bantu Penyaringan:

1. Tidak dapat digunakan ketika penyaringan bertujuan mengumpulkan produk padatan, karena endapan yang terkumpul akan mengandung pula alat bantu penyaringan. Alat bantu penyaringan dapat digunakan hanya jika filtratlah produk yang diinginkan.
2. Meskipun dapat digunakan dalam larutan asam-basa biasa karena sifatnya yang relatif lembam, alat ini tidak dapat digunakan dalam larutan basa kuat atau larutan yang mengandung HF.

3. Tidak dapat digunakan ketika zat yang diinginkan mungkin mengendap dari larutan.

c) Botol Pencuci

Dua jenis botol pencuci ialah (1) labu Florence (sekarang sulit dijumpai di laboratorium), yang bekerja pada tekanan tiupan (aliran air diarahkan dengan menggerakkan ujungnya dengan jari) dan (2) botol-pencuci plastik yang digunakan dengan cara diremas (Gambar 33).

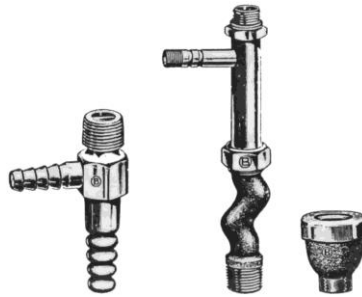


Gambar 33 Mencuci endapan ke dalam krus dengan sebuah “botol remas”.

Botol pencuci plastik polietilena memiliki semuanya, selain menggantikan botol pencuci labu Florence kaca tradisional. Botol ini tersedia dalam aneka warna untuk mengenali isinya, sehingga menghilangkan bahaya memilih botol yang salah. Aliran botol dapat dipercepat dengan memotong sebagian ujungnya.

d) Pompa Penyaringan dan Aksesori

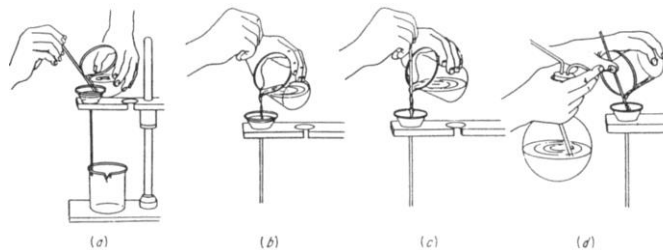
Sebuah pompa air (Gambar 34) digunakan untuk penyaringan isap, manipulasi vakum yang umum, dan pembersihan pipet. Aksesori digunakan untuk bergandengan dengan saluran-saluran air dan mencegah percikan pada air yang ada.



Gambar 34 Pompa penyaringan dan aksesori.

G. Manipulasi Sehubungan dengan Proses Penyaringan

Dengan penyaringan gravitasi maupun vakum, ada tiga pekerjaan yang harus dilakukan: *dekantasi*, *pencucian*, dan *pemindahan* (Gambar 35).



Gambar 35 Pekerjaan penyaringan-gravitasi yang menunjukkan teknik dekantasi dan pemindahan endapan.

a) Dekantasi

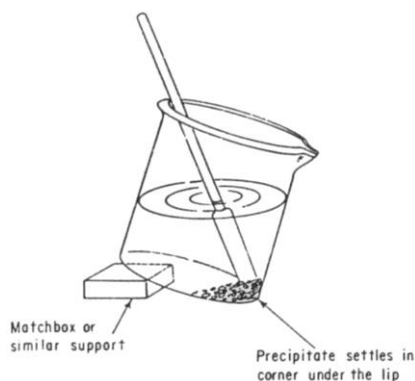
Ketika suatu padatan mudah menetap di dasar cairan dan hanya menunjukkan sedikit atau sama sekali tidak menunjukkan kecenderungan untuk tetap tersuspensi, ia dapat dipisahkan dengan mudah dari cairannya dengan menuangkan secara hati-hati cairan tersebut sedemikian rupa sehingga tidak ada padatan yang terbawa serta. Proses ini disebut *dekantasi*. Untuk mendekantasi cairan dari padatan,

1. Pegang wadah (gelas piala, tabung reaksi, dsb.) yang berisi campuran pada salah satu tangan, dan batang pengaduk kaca pada tangan yang lain (Gambar 35a).
2. Miringkan gelas piala sampai cairan hampir mencapai bibir (Gambar 35b).
3. Sentuhkan bagian tengah batang kaca pada bibir gelas piala dan bagian ujungnya pada sisi wadah tempat Anda hendak menuangkan cairan itu.
4. Lanjutkan pemiringan gelas piala sampai cairan menyentuh batang kaca dan mengalir melaluinya ke dalam wadah kedua. Batang kaca memungkinkan Anda menuang cairan dari gelas piala dengan cukup perlahan sehingga padatan tidak terbawa serta dan juga mencegah cairan mengalir kembali sepanjang dinding luar gelas piala (Gambar 35c).

b) Pencucian

Tujuan pencucian ialah untuk menghilangkan kelebihan fase cair dan setiap pengotor dapat-larut apapun yang mungkin ada di dalam endapan. Gunakan pelarut yang dapat-campur dengan fase cair, tetapi tidak melarutkan endapan dalam jumlah berarti.

Padatan dapat dicuci dalam gelas piala setelah dekantasi fase cair supernatan. Tambahkan sejumlah kecil cairan pencuci dan campurkan dengan baik dengan endapan itu. Biarkan padatan turun ke dasar. Dekantasi cairan pencuci melalui penyaring. Biarkan endapan menetap di dasar, dengan gelas piala sedikit dimiringkan sedemikian rupa sehingga padatan terkumpul di sudut gelas piala di bawah *spout* (Gambar 36). Ulangi prosedur ini beberapa kali.



Gambar 36 Menyangga sebuah gelas piala dalam posisi miring untuk membiarkan endapan menetap di dasar sebelum didekantasi.

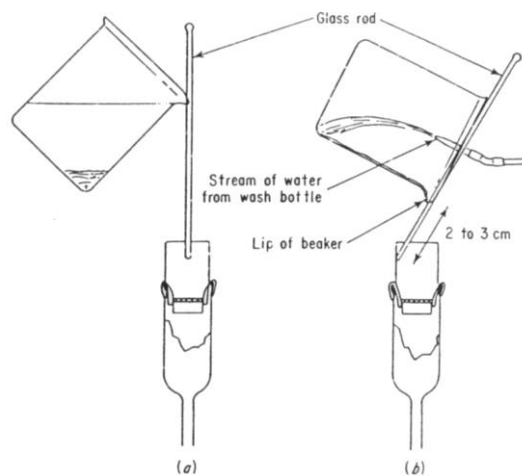
Beberapa kali pencucian dengan volume cairan yang sedikit lebih efektif dalam menghilangkan cemaran yang dapat-larut daripada satu kali pencucian menggunakan seluruh volume.

c) Pemindahan Endapan

Pindahkan sebagian besar endapan dari gelas piala ke dalam penyaring dengan menggunakan aliran cairan pencuci dari botol semprot (Gambar 35d). Gunakan batang pengaduk (Gambar 37) untuk mengarahkan aliran cairan ke dalam medium penyaring. Kelumit terakhir endapan dipindahkan dari dinding gelas piala dengan menggosok permukaan tersebut dengan *policeman* karet yang dilekatkan pada batang pengaduk. Semua padatan yang terkumpul digabungkan dengan endapan dalam kertas saring (Gambar 38). Jika endapan akan dipijarkan, gunakan potongan kecil kertas bebas-abu untuk menggosok dinding gelas piala; kemudian tambahkan potongan-potongan ini ke dalam endapan dalam kertas saring.



Gambar 37 Batang pengaduk dengan *policeman* karet (sepotong tabung karet dengan ujung yang datar) digunakan untuk melepaskan kelumit padatan dari wadah dan untuk mempercepat pelarutan padatan ke dalam cairan, ketika digunakan sebagai pengaduk. Juga digunakan untuk mencegah tergoresnya bagian dalam bejana.

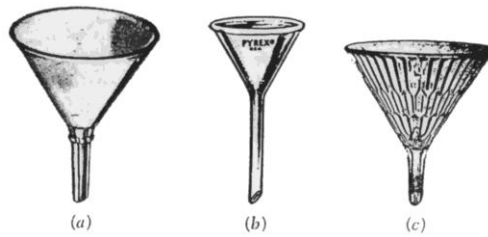


Gambar 38 (a) Dekantasi untuk penyaringan vakum.
(b) Memindahkan porsi endapan terakhir.

H. Penyaringan Gravitasi

Selama penyaringan gravitasi, filtrat melalui medium penyaringan di bawah gaya gravitasi dan gaya tarik kapiler antara cairan dan tangkai corong (Gambar 29). Prosedur yang paling umum melibatkan penggunaan kertas saring dan sebuah corong kerucut (lihat Gambar 39). Prosedur ini lambat, tetapi sangat disukai untuk analisis gravimetrik melebihi penyaringan vakum yang lebih cepat, karena terdapat daya tahan yang lebih baik terhadap partikel endapan yang halus serta kurang mengoyak atau merobek kertas. Terlebih lagi, metode penyaringan gravitasi umumnya paling cepat dan paling disukai untuk menyaring endapan bergelatin karena endapan ini cenderung menyumbat dan memadati pori-pori medium penyaringan dengan jauh lebih mudah di bawah gaya tambahan yang dipasok selama penyaringan vakum.

Hindari penumpukan endapan di dalam kertas saring selama tahap awal proses penyaringan. Hal ini diperlukan agar penyaringan cepat, karena endapan akan tertarik ke dalam pori-pori kertas sehingga merintangi lewatnya larutan dan menurunkan laju penyaringan. Disarankan untuk melakukan pengendapan di gelas piala selama dimungkinkan, karena alat ini memiliki sebuah *pour spout* untuk mempermudah penuangan cairan tanpa hilang. Endapan harus dibiarkan menetap di dasar gelas piala sebelum penyaringan dimulai. Fase cair supernatan, yang telah bebas dari sebagian besar endapan tersuspensi, kemudian dituangkan ke atas penyaring, menyisakan padatan yang diendapkan pada dasarnya tanpa gangguan. Bagian terbesar dari endapan tidak ditambahkan sampai tahap terakhir penyaringan sebagai bagian dari proses *pencucian*.

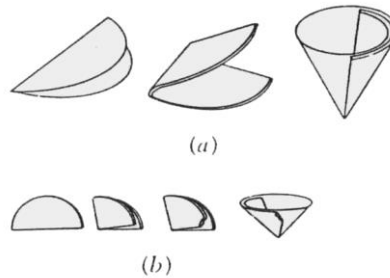


Gambar 39 Corong kaca. (a, b) Berbagai ukuran dan panjang tangkai. (c) Corong dengan konstruksi *heavy ribbed; raised ribs* pada permukaan sebelah dalam membantu penyaringan yang cepat.

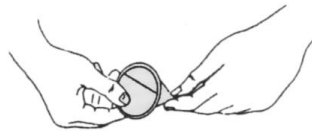
a) Prosedur

Kecepatan penyaringan yang optimum dicapai dalam penyaringan gravitasi dengan pelipatan dan peletakan kertas saring secara benar di dalam corong (Gambar 40 dan 41). Jika kecepatan maksimum akan dipertahankan, ikutilah saran-saran yang diberikan di bawah ini:

1. Ambillah keuntungan maksimum dari gaya tarik kapiler untuk membantu menarik fase cair melalui kertas. Gunakan corong bertangkai-panjang (Gambar 39b) dan pertahankan suatu kolom air kontinu dari ujung tangkai corong ke bawah permukaan kertas. Ujung corong harus menyentuh sisi bejana penerima filtrat; prosedur ini membantu penyaringan dan meminimalkan kehilangan filtrat yang mungkin disebabkan oleh percikan. Pengepasan yang akurat kertas saring yang telah dilipat membantu mempertahankan suatu perekat kedap-udara di antara corong dan sisi atas dari kertas saring yang basah.



Gambar 40 (a) Melipat kertas saring.

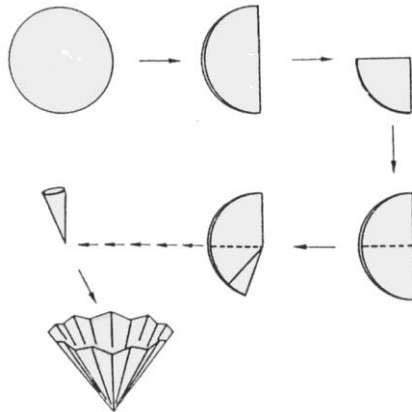


Gambar 41 Mendudukkan kertas saring.

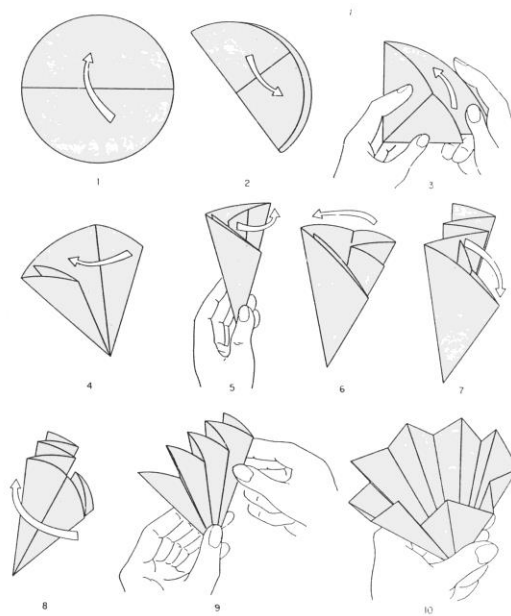
(b) Metode alternatif dalam melipat kertas saring untuk digunakan menyaring dengan corong biasa. Lipatan kedua tidak tepat siku-siku. Perhatikan robekan, yang membuat kertas melengket dengan lebih baik pada corong.

2. Paparlah sebanyak mungkin kertas saring untuk memberikan aliran cairan yang bebas melalui kertas itu. Jika Anda melipat kertas seperti ditunjukkan pada Gambar 40b, kertas tidak akan benar-benar berimpit dengan dinding corong dan cairan akan dapat mengalir di antara kertas dan kaca. Jenis pelipatan ini juga akan membantu mempertahankan perekat kedap-udara di antara sisi atas kertas saring dan corong. Cara lain untuk memapar sebagian besar permukaan kertas ialah dengan menggunakan *kertas saring bergalur*. Membuat galur pada kertas saring mempercepat penyaringan dalam dua cara. Ia memungkinkan sirkulasi udara yang bebas dalam bejana penerima dan mempertahankan penyamaan tekanan. Uap

pelarut yang terbentuk selama penyaringan larutan panas tertentu dapat memperbesar tekanan di dalam penerima sehingga menurunkan kecepatan penyaringan. Terdapat dua cara pelipatan potongan melingkar kertas saring menjadi kertas bergalur. Yang pertama ditunjukkan pada Gambar 42, yang kedua pada Gambar 43. Kertas saring bergalur dalam sebuah corong ditunjukkan pada Gambar 44. Kertas yang telah dibuat bergalur juga tersedia secara komersial.



Gambar 42 Melipat kertas saring bergalur. Lipat dua kertas saring, kemudian lipatlah lipatan ini menjadi 8 bagian yang sama, seperti sebuah akordion. Kertas saring bergalur kemudian dibuka dan diletakkan di dalam corong.



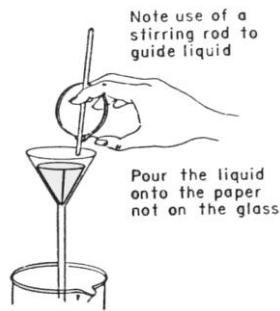
Gambar 43 Metode lain untuk melipat kertas saring bergalur.



Gambar 44 Sebuah kertas saring bergalur di dalam corong.

3. Banyak endapan akan menyebar menaiki suatu permukaan yang dibasahi melawan gaya gravitasi; perilaku ini dikenal sebagai *merayap*, dan dapat menyebabkan hilangnya endapan. Karena alasan ini, pastikan untuk mengisikan kerucut kertas saring dengan larutan tidak lebih dari tiga perempat penuh. Jangan pernah mengisinya penuh. Peringatan dini ini mencegah hilangnya endapan karena merayap maupun karena meluber. Selain itu, juga memberikan suatu daerah di dekat puncak

kertas yang bebas dari endapan. Dengan memegang bagian yang “bersih” ini, Anda dapat melepaskan kerucut dari corong dan melipatnya untuk pemijaran tanpa kehilangan atau pencemaran. Lihat Gambar 45 untuk cara terbaik menuang cairan supernatan ke dalam kertas saring.



Gambar 45 Teknik penyaringan yang baik.

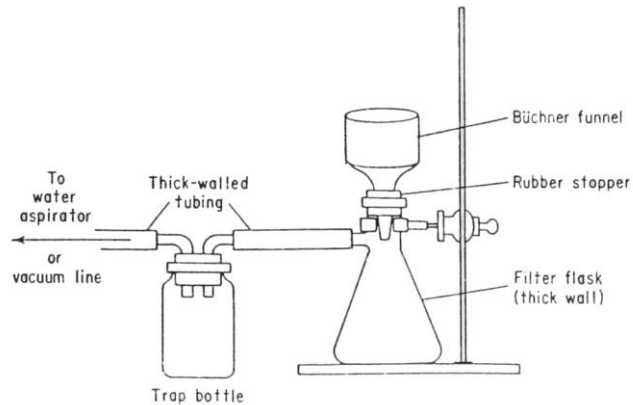
I. Penyaringan Vakum

Penyaringan vakum merupakan cara paling nyaman untuk mempercepat proses penyaringan, tetapi medium penyaringan harus menahan partikel yang sangat halus tanpa menyumbat. Vakum biasanya bersumber dari aspirator air meskipun pompa vakum, yang dilindungi oleh pemerangkap yang cocok, dapat pula digunakan. Karena selalu ada bahaya robohnya labu karena tekanan yang rendah, labu penyaring berdinding tebal harus digunakan, dan teknisi harus selalu waspada akan kemungkinan ledakan ke dalam (*implosion*).

a) Prosedur

Suatu susunan yang khas untuk melakukan penyaringan vakum ditunjukkan pada Gambar 46. Ilustrasi ini menunjukkan penggunaan corong Büchner yang di dalamnya harus diletakkan kertas saring yang dibasahi sebelum pengisapan dilakukan. Corong atau krus dipaskan pada sebuah labu penyaringan, yang lengan sampingnya dihubungkan dengan suatu sumber vakum, misalnya

aspirator air. Sebuah botol pemerangkap-udara disisipkan di antara labu dan sumber vakum. Ketika vakum dinyalakan, beda tekanan antara medium penyaringan dan udara membantu mempercepat proses penyaringan.



Gambar 46 Rangkaian penyaringan-vakum lengkap menggunakan corong Büchner.

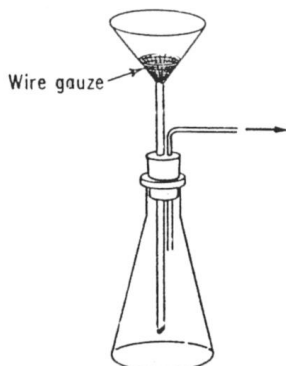
Perhatian:

1. Kenakan kaca pelindung ketika rangkaian berada pada tekanan yang rendah.
2. Berhati-hatilah, tinggi cairan di dalam botol “perangkap keselamatan” tidak pernah setinggi tabung *inlet*.

Penyaringan vakum menguntungkan jika endapannya kristalin. Alat ini tidak boleh digunakan untuk endapan bergelatin karena tekanan tambahan akan memaksa partikel memasuki pori-pori medium penyaringan, dan sedemikian menyumbat mereka sehingga tidak ada cairan yang dapat lewat.

Penyaringan vakum dapat dilakukan dengan kertas saring atau dengan bermacam-macam krus. Kertas corong kerucut biasa mudah terkoyak pada bagian puncaknya ketika terkena tekanan

tambahan dari vakum. Untuk memperkuat puncak kerucut ini, sering disisipkan sebuah *liner* logam kecil (lihat Gambar 47).

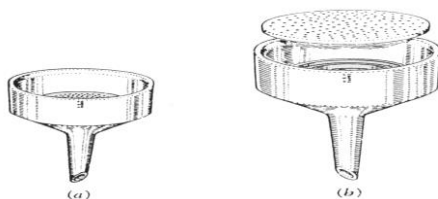


Gambar 47 Corong dengan sebuah kerucut kasa-kawat yang digunakan sebagai penyangga kertas saring.

b) Peralatan dan Media Penyaringan

(1) *Corong Büchner*

Corong Büchner (Gambar 48) sering digunakan untuk penyaringan vakum. Corong ini tidak berbentuk kerucut, tetapi memiliki dasar yang datar dan berlubang-lubang. Sebuah lingkaran kertas-saring dengan diameter yang cukup untuk menutupi lubang-lubang diletakkan di atas dasar yang datar tersebut, dibasahi, dan ditempelkan dengan rapat ke dasar dengan menggunakan sedikit vakum.



Gambar 48 Corong Büchner. (a) Corong pengisapan Büchner. (b) Corong kosong Büchner dengan sebuah

lempengan yang dapat digerakkan, tersedia dalam berbagai ukuran (14,5–308 mm).

Ketika digunakan corong Büchner, endapan dibiarkan menetap di dasar, dan fase cair pertama-tama didekantasi dengan menuanginya menuruni sebuah batang pengaduk yang diarahkan ke bagian tengah kertas saring, dengan menggunakan vakum ringan sampai cukup banyak padatan yang terkumpul di atas kertas untuk melindunginya dari robek. Vakum kemudian diperkuat, dan sisa endapan ditambahkan.

Endapan dapat dicuci dengan menambahkan sejumlah kecil cairan pencuci ke atas permukaannya, yang kemudian ditarik perlahan-lahan melalui padatan dengan vakum. Endapan tidak dapat dikeringkan atau dipijarkan dan ditimbang dalam corong Büchner.

Corong Büchner tidak dapat digunakan untuk analisis gravimetrik karena mereka tidak memungkinkan penyaringan cepat sejumlah besar endapan kristalin. Namun, mereka luar biasa berguna dalam pekerjaan sintesis. Endapan dapat dikering-udarkan dengan membiarkan mereka berada dalam corong dan menarik suatu arus udara dari ruangan melalui endapan tersebut dengan pompa vakum atau aspirator air. Kelumit terakhir air dapat dicuci dari endapan dengan pelarut yang atsiri dan dapat bercampur dengan air, yang sesuai.

Catatan: Larutan dari cairan yang sangat atsiri, eter, dan larutan panas tidak terlalu mudah untuk disaring dengan pengisapan. Pengisapan dapat menguapkan pelarut secara berlebihan, yang mendinginkan larutan itu cukup untuk menyebabkan pengendapan zat terlarut.

(2) *Liner Corong Kerucut Kasa-Kawat*

Jika tidak tersedia corong Büchner dan labu penyangran, suatu radas yang berguna dapat disusun dan digunakan untuk penyangran vakum. Sepotong kecil kasa kawat yang halus dibengkokkan menjadi berbentuk kerucut yang pas di dalam corong (Gambar 47). Kertas saring kemudian dibasahi dan ditekan ke sisi corong agar menempel dengan baik pada kaca. Gunakan vakum lembut agar kertas saring tidak berlubang. Mungkin diperlukan kertas saring dengan ketebalan-rangkap untuk mencegah robek. Bungkus labu dengan handuk sebelum menyalakan vakum.

(3) *Krus*

Krus Kaca Masir. Krus kaca dengan cakram kaca-masir yang digabungkan secara permanen pada ujung bawahnya tersedia dalam bermacam-macam porositas (Gambar 49). Dengan kehati-hatian, mereka dapat digunakan untuk analisis kuantitatif yang memerlukan pemijaran sampai suhu 500 °C.



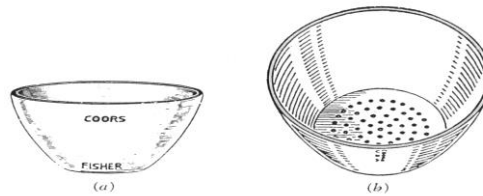
Gambar 49 Corong dengan cakram kaca masir digunakan dalam penyangran vakum apabila kertas saring dalam corong Büchner akan diserang.

Krus Monroe dan Porselen Berpori. Krus porselen (Gambar 50) dengan cakram keramik berpori yang ditempelkan secara permanen di dasarnya digunakan dengan cara yang sama seperti krus kaca-masir, tetapi mereka dapat dipijarkan pada

suhu luar biasa tinggi. Krus Monroe terbuat dari platinum, dengan sebuah lapik platinum yang mengkilap berperan sebagai medium penyaringan. Keuntungan krus ini adalah

1. Sangat lambat terhadap bahan kimia.
2. Dapat bertahan pada suhu pemijaran yang luar biasa tinggi.

Krus ini dan krus-krus lainnya didudukkan pada sebuah penyui ketika penyaringan dilakukan (Gambar 51).



Gambar 50 (a) Krus porselen yang digunakan untuk pemijaran contoh dalam analisis. (b) Krus Gooch dengan dasar yang berlubang-lubang.



Gambar 51 (a) Penyui karet untuk penyaringan isap. (b) Penyui ketika digunakan dengan krus dalam labu pengisapan.

Krus Gooch. Krus Gooch ialah suatu *thimble* porselen dengan dasar yang berlubang-lubang. (Lihat Gambar 50b.) Medium penyaringannya bisa berupa lapik asbes atau cakram kertas kaca-serat. Lapik disiapkan dengan menuang bubur serat asbes yang tersuspensi dalam air ke dalam krus, dan melakukan pengisapan ringan.

Lapik asbes memungkinkan endapan dipijarkan secara kuantitatif ke suhu yang luar biasa tinggi tanpa bahaya reduksi oleh karbon. Dengan lapik kaca-serat, suhu pemijaran di atas 500 °C tidak dimungkinkan. Kedua media penyaringan ini tahan terhadap serangan oleh sebagian besar bahan kimia.

Media penyaringan yang digunakan dalam krus ini cukup rapuh. Sangat berhati-hatilah ketika menambahkan cairan, sedemikian rupa sehingga asbes atau kertas kaca tidak akan terganggu atau robek, yang memungkinkan lolosnya endapan. Gunakan cakram porselen yang kecil dan berlubang-lubang di atas lapik asbes atau kertas kaca tersebut untuk membelokkan setiap aliran cairan yang dituang ke dalam krus.

Krus Platinum. Platinum berguna dalam krus untuk keperluan khusus. Sifat kimia yang berharga dari logam yang padat dan lunak ini meliputi ketahanannya terhadap serangan oleh sebagian besar asam mineral, termasuk asam fluorida; kelembamannya berkenaan dengan banyak lelehan garam; ketahanannya terhadap oksidasi, bahkan pada suhu tinggi; dan titik lelehnya yang sangat tinggi.

Berkenaan dengan keterbatasannya, platinum mudah larut ketika bersentuhan dengan akua regia dan dengan campuran klorida dan bahan pengoksidasi pada umumnya. Pada suhu tinggi, ia juga dilarutkan oleh lelehan oksida, peroksida, dan sampai tingkat tertentu, hidroksida basa. Ketika dipanaskan dengan kuat, ia mudah mengaloi dengan logam-logam seperti emas, perak, tembaga, bismut, timbel, dan zink. Karena kegemaran membentuk aloi ini, sentuhan antara platinum yang dipanaskan dan logam lain atau oksida mereka yang mudah tereduksi harus dihindari. Pelarutan lambat platinum menyertai sentuhan dengan lelehan nitrat, sianida, basa, dan klorida alkali-tanah pada suhu di atas 1000 °C;

bisulfat sedikit menyerang logam pada suhu di atas 700 °C. Perubahan permukaan terjadi akibat sentuhan dengan amonia, klorin, klorida atsiri, belerang dioksida, dan gas yang memiliki persentase karbon yang tinggi. Pada panas merah, platinum mudah diserang oleh arsenik, antimoni, dan fosforus; akibatnya, logam menjadi *embrittled*. Pengaruh yang serupa terjadi pada sentuhan suhu-tinggi dengan selenium, telurium, dan pada tingkat lebih rendah, belerang dan karbon. Akhirnya, ketika dipanaskan di udara untuk waktu lama pada suhu lebih dari 1500 °C, kehilangan bobot yang berarti karena penguapan logam harus diperkirakan.

Aturan-aturan penggunaan alat platinum:

1. Gunakan peralatan platinum hanya dalam aplikasi yang tidak akan memengaruhi logam tersebut. Ketika sifat sistem diragukan, tunjukkan ketiadaan komponen yang berpotensi merusak sebelum memutuskan menggunakan alat platinum.
2. Hindari perubahan suhu yang dahsyat; perubahan bentuk wadah platinum dapat terjadi jika isinya memuai selama pendinginan.
3. Penyangga yang terbuat dari bahan keramik yang bersih dan *unglazed*, leburan silika, atau platinum itu sendiri dapat digunakan dengan aman dalam sentuhan dengan platinum pijar; gegep Nichrome atau baja nirkarat dapat digunakan hanya setelah platinum mendingin di bawah titik pijarnya.
4. Bersihkan alat platinum dengan bahan kimia yang tepat segera setelah digunakan; bahan pembersih yang dianjurkan adalah larutan asam kromat panas untuk penyingkiran bahan-bahan organik, asam klorida mendidih untuk penyingkiran karbonat dan oksida-oksida basa, serta lelehan kalium bisulfat untuk penyingkiran silika, logam-

logam, dan oksida mereka. Permukaan yang cerah harus dijaga dengan pengilapan dengan pasir pantai.

5. Hindari memanaskan platinum pada kondisi yang mereduksi, terutama jika ada karbon. Secara khusus, (a) jangan biarkan bagian pereduksi dari nyala api pembakar bersentuhan dengan permukaan platinum, dan (b) arangkan kertas saring pada kondisi pemanasan paling lembut yang dimungkinkan dan dengan akses udara yang bebas.

c) **Corong Hirsch dan Corong-corong Lainnya**

Corong Hirsch (Gambar 52), yang digunakan untuk mengumpulkan sejumlah kecil padatan, biasanya terbuat dari porselen. Dasar bagian dalam dari corong tersebut berupa lempengan datar dengan lubang-lubang di dalamnya yang menyangga kertas saring. Corong Büchner dan Hirsch dapat pula berbahan kaca dengan lempengan kaca-masir. Corong-corong lain yang digunakan seperti Hirsch ialah Witt dan paku penyaringan (lihat Gambar 53).



Gambar 52 Penyaringan isap dengan corong Hirsch



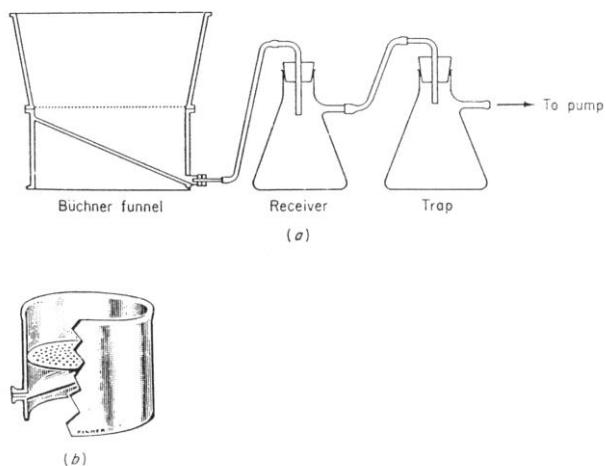
Gambar 53 Corong Hirsch dan corong-corong lainnya untuk mengumpulkan sejumlah kecil padatan.

Ketika menggunakan corong-corong ini, sebuah cincin karet membentuk segel antara corong dan labu penyaringan, yang

dihubungkan dengan vakum atau aspirator. (Sumbat atau gabus karet dapat pula digunakan sebagai pengganti cincin karet untuk mengepaskan corong pada labu penyaringan.)

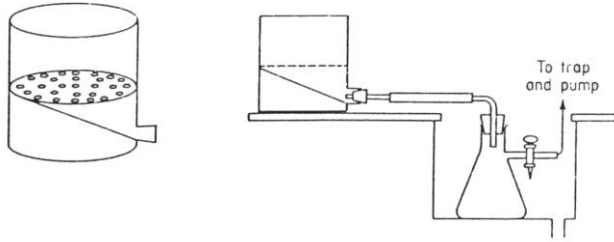
d) Penyaringan Vakum Skala Besar

Sejumlah besar bahan dapat dengan mudah disaring-vakum dengan menggunakan corong Büchner *table-top*. Filtrat dikumpulkan dalam sebuah labu vakum yang ditempatkan di samping penyaring pada permukaan meja (lihat Gambar 54).



Gambar 54 Penyaringan vakum dalam skala besar. (a) Rangkaian dengan corong Büchner *table-top*. (b) *Cutaway view* dari corong Büchner *table-top* (diameter dalam 56–308 mm).

Sebagai alternatif, labu vakum dapat diletakkan lebih rendah dari corong (Gambar 55).



Gambar 55 Rancangan alternatif untuk penyaringan vakum pada skala besar.

J. Penyaringan untuk Analisis Gravimetrik

Salah satu aplikasi terpenting penyaringan ialah dalam analisis gravimetrik, yang terkait dengan pengukuran massa; analisisnya karena itu, diselesaikan dengan prosedur “penimbangan”. Zat-zat yang ditimbang diperoleh (1) dengan membentuk suatu endapan taklarut dari komponen yang diinginkan; dari bobotnya, perhitungan persentase dapat dibuat, jika massa contoh awal diketahui, atau (2) dengan menyuling komponen atsiri; residu non-atsiri kemudian ditimbang. Bagian atsiri maupun non-atsiri dapat ditimbang, dan perhitungan dapat dilakukan dari data yang diperoleh.

Endapan yang cocok untuk prosedur analitis harus memiliki sifat-sifat berikut:

1. Harus relatif tidak larut, sampai tingkatan di mana setiap kehilangan endapan akibat kelarutannya tidak akan memengaruhi hasil secara berarti.
2. Harus mudah disaring. Ukuran partikel harus cukup besar agar tertahan oleh penyaring.
3. Kristalnya harus cukup murni, dengan cecair padat yang mudah disingkirkan.
4. Harus memiliki komposisi kimia yang diketahui, atau mudah diubah menjadi suatu zat yang diketahui komposisinya.
5. Tidak boleh higroskopik.

6. Harus stabil.

a) Pemeraman dan Pelumatan Endapan

Pemeraman (*aging*) dan pelumatan (*digestion*) sering membantu membuat endapan cocok untuk prosedur analitis.

Endapan yang baru saja terbentuk diperam dengan membiarkan mereka bersentuhan dengan cairan supernatan pada suhu kamar selama periode waktu tertentu. Sering terjadi perubahan pada permukaan: berkurangnya luas permukaan total atau hilangnya daerah yang regang (terikan; *strained*) dan tidak sempurna. Kedua pengaruh ini disebabkan oleh rekristalisasi, karena partikel yang kecil cenderung lebih larut daripada yang besar, dan ion-ion yang terletak pada daerah yang regang dan tidak sempurna kurang terikat kuat daripada yang normal dan karena itu, cenderung kembali ke dalam larutan. Pada *pemeraman*, endapan ditimbun kembali dalam bentuk yang lebih sempurna. Perubahan ini menyebabkan berkurangnya ion-ion asing yang terjerap yang tentunya menguntungkan dan menghasilkan endapan yang lebih mudah disaring dan juga lebih murni.

Pemanasan selama proses pemeraman disebut *pelumatan*. Menaikkan suhu sangat mempercepat pelumatan. Endapan dibiarkan bersentuhan dengan supernatan pada suhu mendekati mendidih selama suatu periode waktu. Koloid yang menggumpal biasanya mengalami pemeraman yang cepat, khususnya pada pelumatan, dan sebagian besar cemar yang terjerap sering kali dapat disingkirkan.

b) Penyaringan dan Pemijaran

Pada akhirnya, zat yang diendapkan dan disiapkan untuk penyaringan sebagai langkah awal dalam suatu penetapan gravimetrik harus disaring, dikeringkan, dan ditimbang, artinya massa mereka harus ditetapkan secara akurat sedemikian rupa sehingga perhitungan analitis dapat dilakukan. Sejumlah endapan

dikumpulkan dalam krus yang telah ditera (diketahui massanya) dan dikering-ovenkan sampai massanya konstan.

c) Penyiapan Krus

Semua krus yang digunakan untuk mengubah endapan menjadi bentuk yang cocok untuk penimbangan harus mempertahankan massa yang pada pokoknya konstan selama proses pengeringan atau pemijaran; Anda harus menunjukkan bahwa kondisi ini berlaku sebelum mulai bekerja.

1. Periksa apakah ada cacat pada setiap krus, terutama jika krus sebelumnya telah dikenai suhu tinggi.
2. Tempatkan sebuah krus porselen dalam posisi terbalik pada suatu permukaan yang keras dan ketuk perlahan-lahan dengan pensil. Anda harus mendengar nada dering yang jernih yang menunjukkan krus utuh. Bunyi yang majal (*dull*) menjadi ciri krus yang retak dan harus dibuang.
3. Bersihkan krus dengan baik. Krus penyaringan dapat dibersihkan dengan nyaman dengan mencucinya dari belakang dengan pengisapan.
4. Buat krus berbobot konstan, dengan menggunakan siklus pemanasan yang sama seperti yang akan diperlukan untuk endapan. Disepakati bahwa selisih 0,2 mg antara pengukuran-pengukuran berurutan dianggap sebagai massa konstan.
5. Simpan di dalam desikator sampai diperlukan.

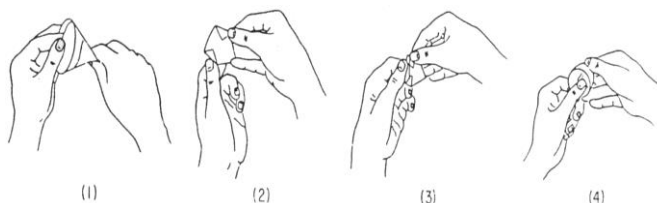
d) Penyiapan Kertas Saring

Lipat-dua kertas saring tepat di tengah; kemudian buatlah lipatan kedua sedemikian rupa sehingga sudut-sudutnya berjarak kira-kira 3 mm pada setiap dimensi. Robeklah potongan kecil segitiga dari sudut yang pendek untuk memungkinkan pendudukan yang lebih baik kertas saring di dalam corong. Bukalah kertas itu sedemikian rupa sehingga terbentuk kerucut dan kemudian dudukkan perlahan-lahan di dalam corong dengan

bantuan air dari botol pencuci. Tidak boleh ada kebocoran udara di antara kertas dan corong, dan tangkai corong harus terisi dengan suatu kolom cairan yang tidak patah, suatu kondisi yang meningkatkan secara nyata laju penyaringan.

e) Pemindahan Kertas dan Endapan ke Krus

Setelah penyaringan dan pencucian selesai dilakukan, pindahkan kertas saring beserta isinya dari corong ke dalam krus yang telah ditera (Gambar 56). Cukup berhati-hatilah dalam melakukan pekerjaan ini. Bahaya robek dapat sangat dikurangi jika dilakukan pengeringan sebagian sebelum pemindahan dari corong.



Gambar 56 Ini merupakan cara memindahkan kertas saring dan endapan ke dalam krus.

Pertama-tama, ratakan kerucut sepanjang sisi sebelah atasnya; kemudian lipat sudut-sudutnya ke arah dalam. Selanjutnya, lipat puncaknya ke atas. Akhirnya, turunkan kertas dan isinya ke dalam krus sedemikian rupa sehingga sebagian besar endapan ada di dekat dasar.

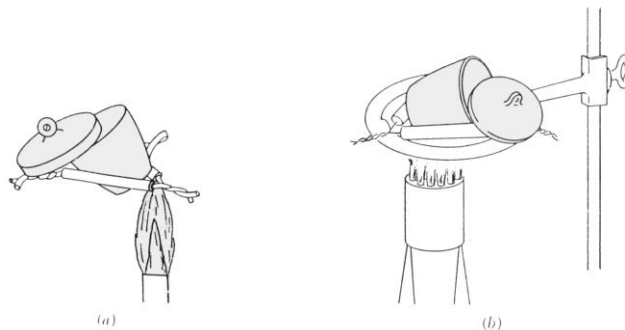
f) Mengabukan Kertas Saring

Jika tersedia lampu pemanas, tempatkan krus pada permukaan yang bersih dan non-reaktif; suatu bantalan asbes yang dilapisi oleh selembur aluminium cukup memuaskan. Kemudian posisikan lampu kira-kira 6 mm dari bagian atas krus, dan nyalakan. Pengarangan kertas akan berlangsung tanpa gangguan lebih lanjut; proses tersebut sangat dipercepat jika kertas dapat dibasahi dengan tidak lebih dari setetes larutan amonium nitrat

pekat. Penyingkiran karbon yang tersisa dilakukan dengan sebuah pembakar.

Perhatian yang agak lebih besar harus diberikan pada proses ketika digunakan pembakar untuk mengabukan kertas saring. Karena pembakar dapat menghasilkan suhu yang jauh lebih tinggi, terdapat bahaya dari uap yang keluar sedemikian cepatnya pada tahap awal pemanasan sehingga terjadi kehilangan endapan secara mekanis. Kemungkinan yang hampir sama muncul jika kertas dibiarkan terbakar. Akhirnya, sepanjang ada karbon, juga terdapat kemungkinan reduksi kimia pada endapan; hal ini merupakan masalah serius karena oksidasi kembali setelah pengabuan kertas tidaklah mudah.

Untuk meminimalkan kesulitan-kesulitan ini, krus diletakkan seperti diilustrasikan pada Gambar 57. Posisi krus yang dimiringkan memungkinkan akses udara yang mudah. Sebuah tutup krus yang bersih harus diletakkan di dekatnya, agar siap digunakan ketika diperlukan.



Gambar 57 Pemijaran endapan dengan akses ke udara. (a) Mulailah pemanasan perlahan-lahan dari tepi. (b) Jangan biarkan nyala api memasuki krus.

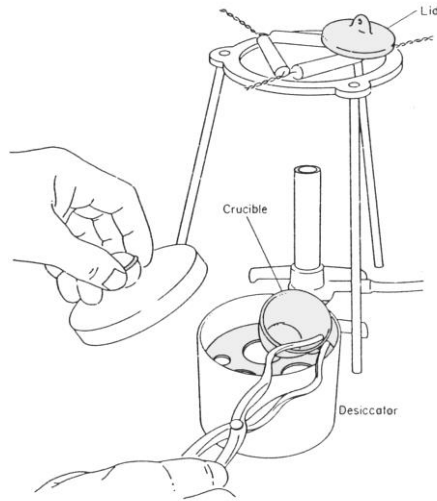
Catatan: Selalu letakkan krus atau tutupnya yang panas di atas kasa kawat - jangan pernah meletakkannya langsung di permukaan

meja. Permukaan yang dingin dapat meretakkan krus, dan debu, cat, dsb. mudah menempel pada porselen sehingga mengubah massanya.

Pemanasan kemudian dimulai dengan nyala pembakar yang kecil. Nyala ini berangsur-angsur diperbesar seiring lepasnya uap dan mulai mengarangnya kertas. Timbulnya asap merupakan petunjuk intensitas pemanasan yang dapat diterima dengan aman. Biasanya asap ini akan tampak sebagai gumpalan (*wisp*) tipis. Jika volume asap yang dilepaskan meningkat dengan cepat, pembakar harus disingkirkan sementara; kondisi ini menunjukkan bahwa kertas hampir menyala. Jika, walaupun telah mengikuti peringatan dini, muncul nyala api, padamkan segera dengan tutup krus. (Tutup mungkin berubah warnanya akibat pengembunan produk-produk berkarbon; hal ini pada akhirnya harus dihilangkan dengan pemijaran sedemikian rupa sehingga dapat diyakini bahwa tidak ada lagi partikel endapan yang *entrained*.) Akhirnya, ketika tidak ada pengasapan lebih lanjut yang terdeteksi, sisa karbon dihilangkan dengan menurunkan krus secara bertahap ke dalam nyala api penuh dari pembakar. Pemanasan yang kuat, selama diperlukan, kemudian dapat dilakukan. Berhati-hatilah, hindari memanaskan krus dalam bagian pereduksi dari nyala api.

g) Mendinginkan Krus ke Massa Konstan

Tempatkan krus beserta isi dan tutupnya yang masih hangat di dalam desikator, yang berisi desikan yang efektif, agar mendingin sebelum ditentukan massanya (Gambar 58). Prosedur ini memungkinkan Anda memperoleh pembacaan timbangan ke massa konstan, terutama dalam atmosfer yang lembap.



Gambar 58 Mendinginkan krus ke massa konstan.

h) Ringkasan

1. Oksidasi kertas dengan sempurna menjadi CO_2 dan H_2O .
2. Catat massa krus yang telah disiapkan sebelumnya.
3. Letakkan krus seperti pada Gambar 57a.
4. Naikkan suhu *perlahan-lahan* sampai semua residu karbon hitam terbakar habis.
5. Letakkan pembakar sedemikian rupa sehingga gas pereduksi dari nyala api tidak dipantulkan ke dalam krus (Gambar 57b).
6. Ubah posisi krus untuk memapar porsi segar ke suhu tertinggi dari pembakar.
7. Pemijaran akhir mengubah endapan menjadi oksida anhidrat: (a) Lepaskan tutup krus. (b) Pijarkan pada panas merah selama 30 menit dengan pembakar Fisher, Meker, atau pembakar suhu-tinggi lainnya; atau Anda dapat menggunakan tanur *muffle*.
8. Dinginkan krus di dalam desikator (Gambar 58).

9. Tentukan massa krus dingin.
10. Ulangi tahap 7-9 sampai tercapai massa konstan.

BAB X

ALAT ALAT KACA DI LABORATORIUM

Selama bertahun-tahun, pabrikan telah membuat peralatan laboratorium dari kaca dengan sambungan kaca-asah (*ground-glass joints*) yang memiliki dimensi standar dan dirancang agar pas satu sama lain dengan sempurna. Rangkaian kaca-asah ini mampu (1) memberikan penutupan yang sempurna untuk tekanan vakum dan sedang, (2) menghilangkan sama sekali pencemaran oleh sumbat, (3) memperlebar batas suhu penggunaan alat ke atas, serta (4) memberikan rangkaian yang lebih rapi dan lebih profesional. Karena itu, fitur ini mengeliminasi penggunaan sumbat karet, plastik, dan perop sebagai sambungan antara potongan-potongan peralatan yang berbeda.

Ukuran antar-sambungan (*interjoint*) dinyatakan dengan 2 angka. Angka pertama menunjukkan diameter perkiraan (dalam mm) dari tabung yang lebih besar, sedangkan angka kedua menunjukkan panjang permukaan-asah. Sambungan $\frac{19}{38}$ berdiameter sekitar 19 mm dan panjangnya kira-kira 38 mm (lihat Tabel 14). Penyuai (*adapter*) yang membesar atau mengecil memungkinkan pilihan desain dan ukuran sambungan yang tidak terbatas. Alat kaca antar-sambungan ditandai sebagai sambungan jantan atau betina, sambungan langsung, sambungan bola, atau kombinasi apapun yang diinginkan (lihat Tabel 15).

Tabel 14

Sambungan No.	Diameter luar tabung (mm)	Sambungan No.	Diameter luar tabung (mm)	Sambungan No.	Diameter luar tabung (mm)	Sambungan No.	Diameter luar tabung (mm)
5/20	5	14/35	12	34/45	32	55/50	52
7/25	6	19/38	17	40/50	37	60/50	57
10/30	8	24/40	22	45/50	42	71/60	68
12/30	10	29/42	27	50/50	47	103/60	100

Tabel 15

Bola/sendi No.	Bola/sendi No.	Bola/sendi No.	Bola/sendi No.
7/1	12/3	28/12	40/25
12/1	12/5	28/15	50/30
12/1,5	18/7	35/20	65/40
12/2	18/9	35/25	75/50
			102/75

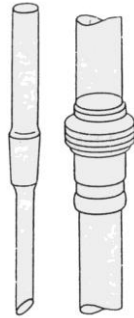
Beberapa keuntungan alat kaca sambungan-asah adalah sebagai berikut:

1. Karena tidak digunakan sumbat atau sambungan gabus, karet, atau plastik, pencemaran atau perubahan warna bahan kimia, seperti akibat gabus yang hancur, karet yang mengembang, atau plastik yang memasuki reaksi, dihindari.
2. Unit-unit dapat dirangkai dan dipisahkan berkali-kali dengan cepat untuk melakukan berbagai pekerjaan. Ini berbeda dari sumbat gabus, misalnya, yang harus dipilih, dibor, atau dipaskan dulu; karena itu, lebih menghemat waktu.
3. Bagian yang pecah segera dapat digantikan oleh duplikatnya yang standar dan sangat sama.
4. Tidak perlu digunakan tabung sempit seperti pada sumbat gabus dan karet, sehingga memungkinkan *full-width tubing*.

1. Peralatan Kaca-Asah

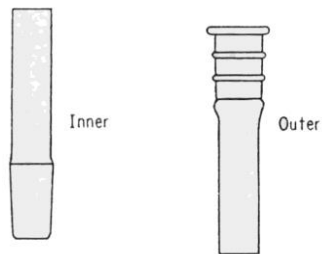
a) Sambungan dan Jepitan (Clamps)

Lihat Gambar 69 sampai 76.



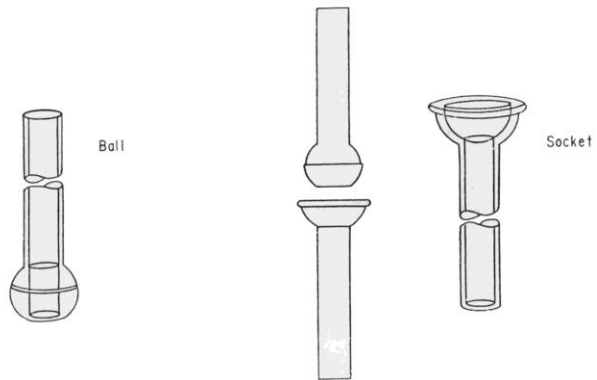
Gambar 69 Sambungan kaca-asah dengan berdekatan.

Gambar 70 Jepitan baja nirkarat untuk *drip tube* yang ditempelkan sambungan kaca-asah hanya pada ujung yang lebih kecil disekrup bersama-sama agar dari zone asah.

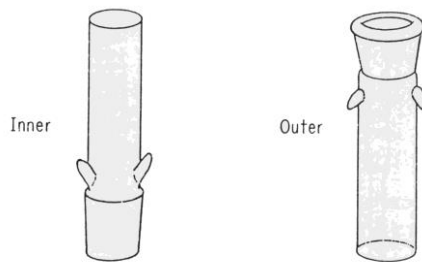


Gambar 71 Sambungan kaca-asah jantan,

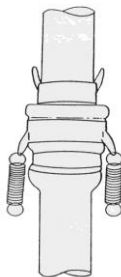
Gambar 72 Sambungan kaca-asah betina,



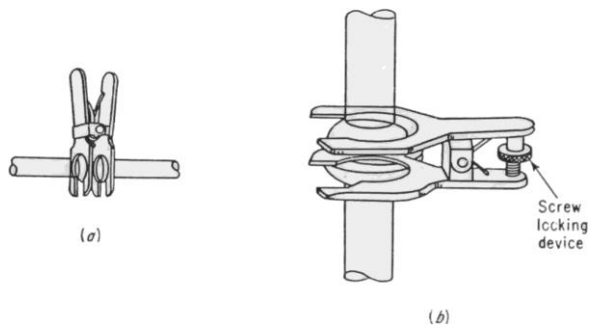
Gambar 73 Sambungan kaca-asah bola-dan-sendi.



Gambar 74 Sambungan kaca-asah dengan kait-kait.



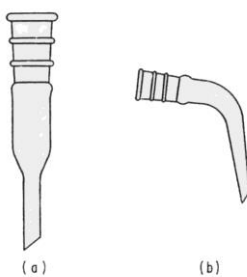
Gambar 75 Kait tegangan (*tension hooks*) untuk memegang sambungan kaca-asah bersama-sama dengan kokoh (*tabs*, kait, dan pegas baja nirkarat).



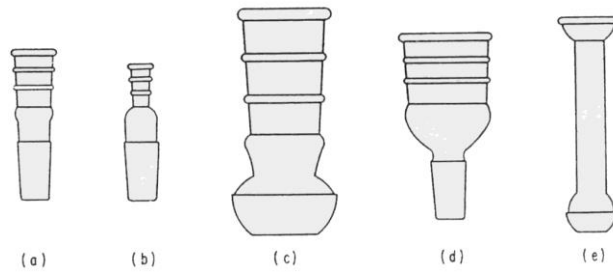
Gambar 76 Jepitan untuk sambungan bola-dan-sendi. (a) Dirapatkan oleh-pegas untuk ukuran yang lebih kecil. (b) Alat pengunci-sekrup untuk ukuran yang lebih besar. Angka ukuran menunjukkan diameter (dalam mm) dari bola yang sesuai dengan jepitan itu. (Angka ukuran: 7, 12, 12A, 18, 18A, 28, 35, 40, 50, 65, 75, 100).

b) Komponen

Lihat Gambar 77 sampai 91.

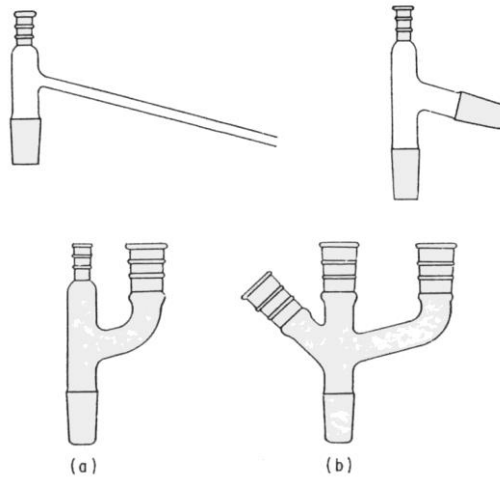


Gambar 77 Penyuai *drip*: (a) Lurus. (b) Bersudut.



Gambar 78 Penyuai yang khas: (a) Lurus. (b) Mengecil. (c) Gabungan - lurus ke bola.

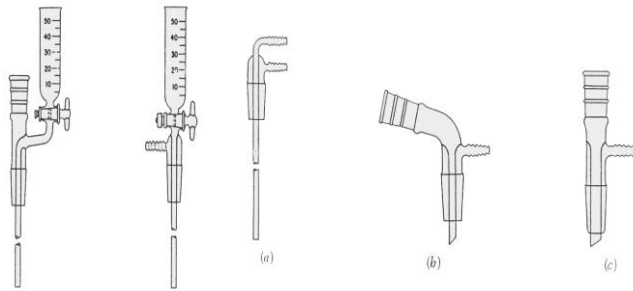
(d) Membesar. (e) Bola-dan-sendi.



Gambar 79 Penyuai dengan kepala untuk

Gambar 80 Penyui paralel. (a) Tiga-jalur penyulingan yang sederhana.

(b) Empat-jalur.

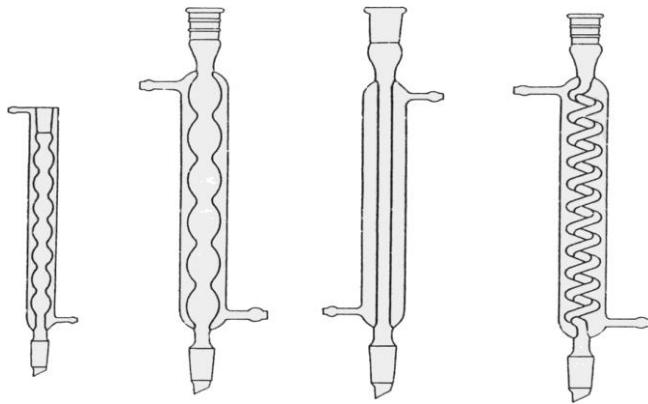


Gambar 81 Penyui dengan tabung

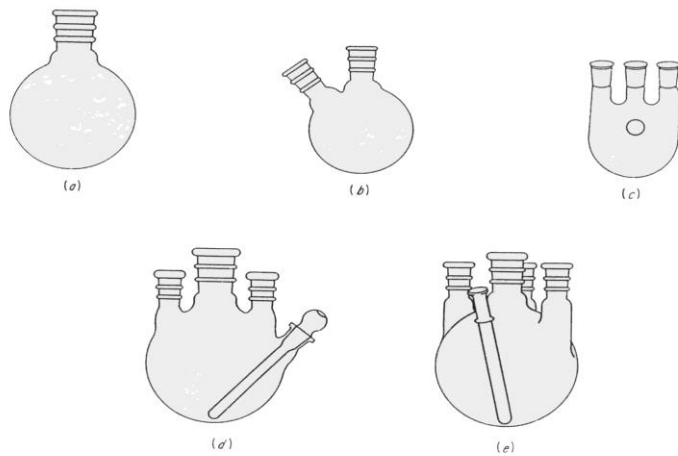
Gambar 82 (a) Penyui tabung-*inlet*-gas. pengisian yang berskala. (b) Penyui sambungan-vakum bersudut. (c) Penyui sambungan-vakum lurus.



Gambar 83 Kolom kromatografik kosong.



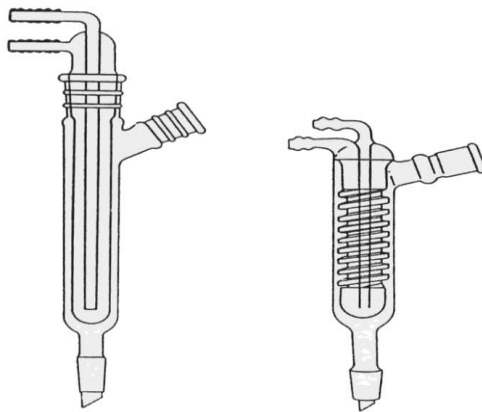
Gambar 84 Berbagai desain kondensor.



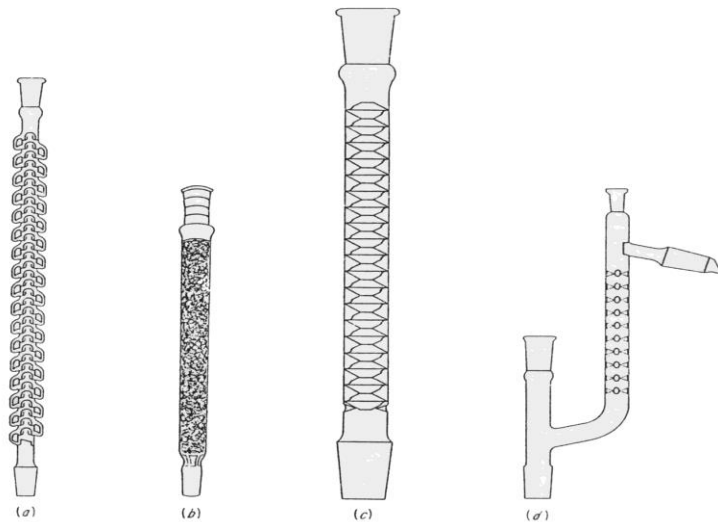
Gambar 85 Labu reaksi berdasar-bulat dengan mulut yang berbeda-beda. (a) Leher-tunggal standar. (b) Leher-dua bersudut. (c) Leher-tiga sejajar. (d) Leher-tiga dan sumur termometer. (e) Leher-empat dan sumur termometer.



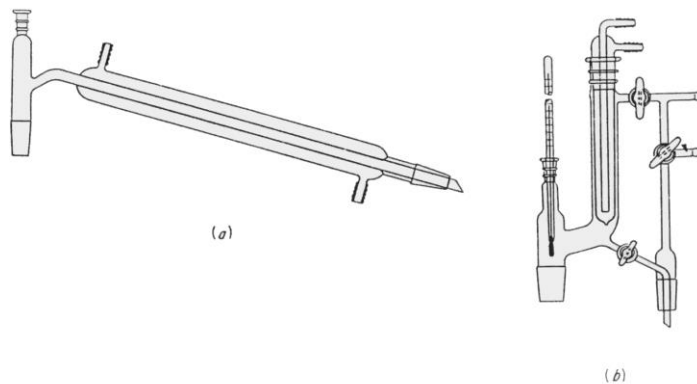
Gambar 86 Labu reaksi dengan tekukan (*indentation*) untuk meningkatkan turbulensi saat mencampurkan larutan.



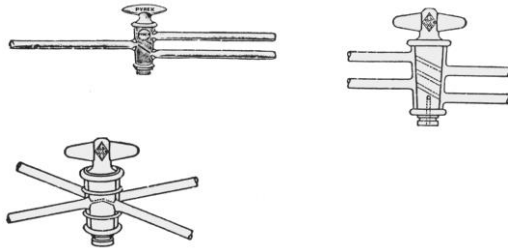
Gambar 87 Kondensor refluks terdapat dalam berbagai desain. Ini merupakan dua yang paling umum.



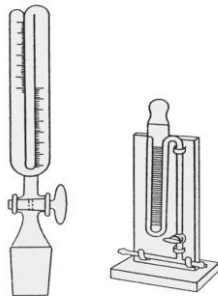
Gambar 88 Kolom penyulingan-bertingkat dengan penyulingan biasa atau vakum. (a) *Bubble cap*. (b) Spons kawat baja nirkarat. (c) Pengemasan layar Stedman. (d) Vigreux atau Claisen.



Gambar 89 Kepala untuk penyulingan. (a) Jenis Liebig atmosferik. (b) Jenis vakum atau atmosferik dengan banyak cerat yang memungkinkan isi distilat pada penerima dipindahkan tanpa menghentikan vakum. Nisbah refluks diatur oleh cerat itu.



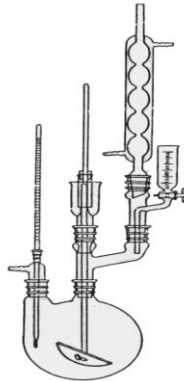
Gambar 90 Cerat. (a) Tiga-jalur; memungkinkan cairan untuk disalurkan sesuai keinginan atau sama sekali dihentikan alirannya. (b) *Oblique-bore* empat-jalur dengan lubang udara ke dasar *plug*. (c) *V-bore* empat-jalur.



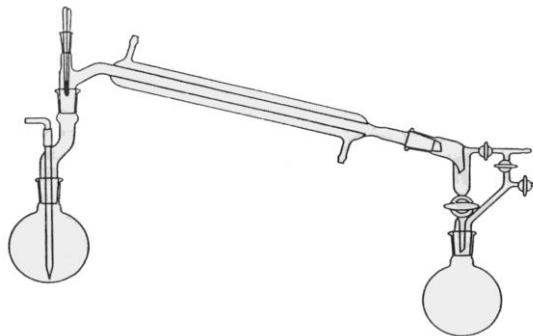
Gambar 91 Meteran vakum jenis-manometer yang digunakan untuk menunjukkan tekanan dalam suatu sistem tertutup.

c) **Rangkaian**

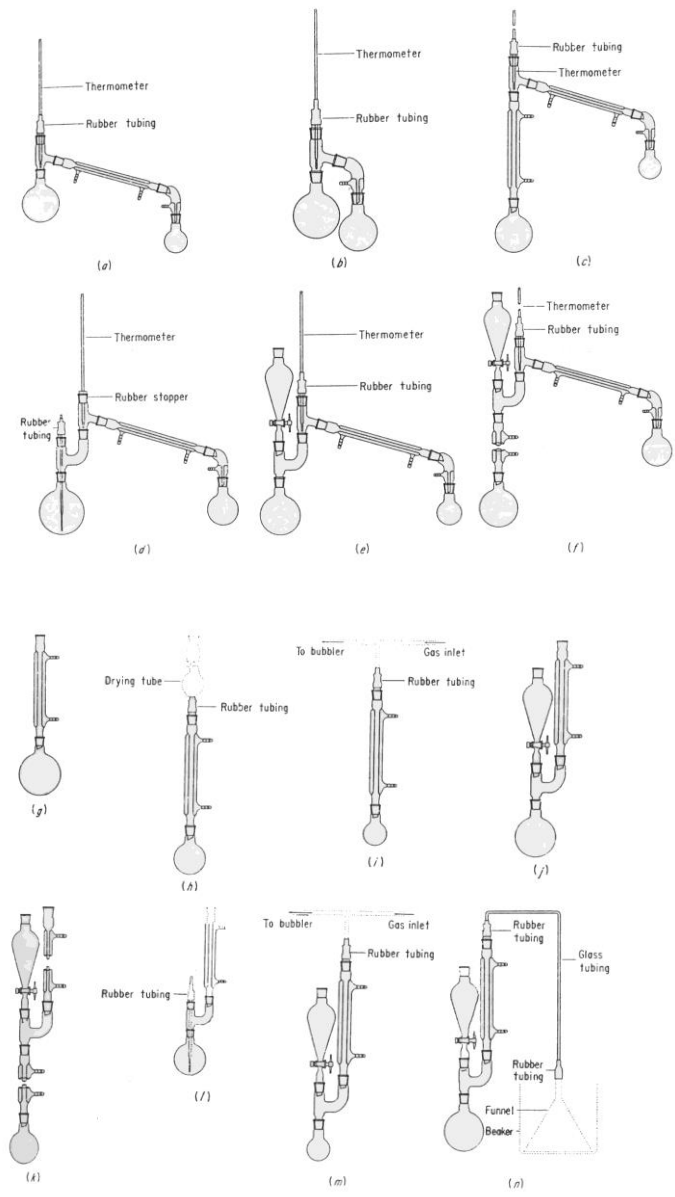
Lihat Gambar 92 sampai 94.



Gambar 92 Radas reaksi refluks dengan pengaduk, tabung *inlet*-gas, termometer, dan corong untuk penambahan.



Gambar 93 Radas penyulingan sederhana untuk digunakan pada tekanan udara atau vakum. Distilat dapat dipisahkan menjadi fraksi-fraksi tanpa mengganggu penyulingan vakum.



Gambar 94 Saran “*how to*” untuk menggunakan rangkaian sambungan-kaca-asah: (a) Penyulingan sederhana, tekanan udara atau vakum. (b) Penyulingan padatan atau cairan yang kental atau bertitik didih-tinggi. (c) Penyulingan bertingkat, tekanan udara atau vakum (kolom sebaiknya dikemas dengan spons baja nirkarat). (d) Penyulingan uap, atau penyulingan vakum dengan *bubbler* kapiler gas. (e) Pemekatan pelarut atau ekstrak, tekanan udara atau vakum. (f) Pemekatan pelarut atau ekstrak, dengan penyulingan bertingkat, tekanan udara atau vakum (kolom sebaiknya dikemas dengan spons baja nirkarat). (g) Refluks sederhana. (h) Refluks sederhana, udara kering. (i) Refluks, atmosfer lembam. (j) Penambahan dan refluks untuk cairan bertitik didih tinggi. (k) Penambahan dan refluks untuk cairan bertitik didih rendah. (l) *Inlet* dan refluks gas. (m) Penambahan dan refluks, atmosfer lembam. (n) Penambahan dan refluks dengan pemerangkapan gas yang dilepaskan. Saran untuk keamanan: (1) Ingatlah untuk memeriksa kembali rangkaian, terutama ketika menggunakan sistem tertutup. (2) Sediakan ventilasi yang memadai, khususnya ketika bekerja dengan pelarut atau bahan yang dapat menghasilkan uap toksik. (3) Pada umumnya, bahan yang digunakan mudah terbakar dan harus ditangani dengan hati-hati. (4) Dalam menangani alat kaca, ikuti petunjuk keamanan yang diberikan. (5) Pelajari lokasi peralatan keselamatan dan terbiasalah untuk menggunakannya dalam keadaan darurat.

2. Perawatan Permukaan Kaca-Asah

a) Pelumasan

Meskipun sambungan kaca-asah biasanya terhubung dengan baik tanpa penggunaan pelumas, umumnya disarankan untuk melumasi sambungan agar tidak saling menempel dan karena itu, mencegah pecah. Pada beberapa kondisi reaksi, mungkin tidak perlu digunakan pelumas, tetapi pada sebagian besar kondisi, pelumas sebaiknya digunakan. Pelumasan memudahkan pemisahan alat bersambungan-asah dan mencegah kebocoran. Sambungan kaca-asah harus dijaga tetap bersih dan harus dibersihkan sebelum pelumasan. Debu, kotoran, dan bahan partikulat dapat menggores permukaan dan menyebabkan kebocoran.

Pemilihan pelumas. Pelumas harus tahan terhadap suhu tinggi, vakum tinggi, dan reaksi kimia. Pemilihan pelumas bergantung pada kondisi kerja yang digunakan. Beberapa pelumas yang dapat digunakan antara lain

1. *Pelumas silikon* untuk suhu tinggi dan vakum tinggi. Ia mudah larut dalam pelarut berklorin.
2. *Gliserin* untuk refluks atau ekstraksi dalam waktu lama. Bahan pelumas ini larut dalam air, tetapi tidak larut dalam bahan organik.
3. *Pelumas hidrokarbon* untuk penggunaan yang umum di laboratorium. Ia dapat larut dalam sebagian besar pelarut organik di laboratorium.

Melumasi Sambungan Kaca-Asah:

1. Lumasi *hanya* bagian atas dari sambungan sebelah dalam dengan sedikit pelumas.

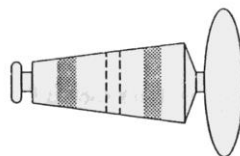
2. Hindari melumasi bagian apapun dari sambungan yang dapat bersentuhan dengan uap atau cairan dan menyebabkan pencemaran oleh pelumas.
3. Pemilihan pelumas bergantung pada bahan yang digunakan dalam alat kaca, dan pengaruh yang dimiliki oleh kondisi reaksi dan bahan tersebut pada pelumas.
4. Sambungan yang dilumasi dengan baik tampak jernih, tanpa saluran-saluran kecil yang sempit (*striations*).
5. Pelumasan diperlukan ketika sambungan harus kedap-udara dan jika alat kaca berisi larutan yang sangat basa.

Melumasi Cerat. Cerat harus dilumasi dengan baik dengan pelumas cerat yang cocok. Pelumas yang terlalu banyak dapat menyumbat lubang atau ujung buret.

Perhatian: Gunakan pelumas cerat yang dianjurkan. Pelumas silikon tidak boleh digunakan. Permukaan asah *harus bersih*.

Prosedur:

1. Sebarkan 2 pita-melingkar pelumas mengelilingi cerat (Gambar 95).



Gambar 95 Melumasi cerat.

2. Masukkan cerat ke dalam buret dan putar beberapa kali. Pelumas akan menyebar dan sambungan akan betul-betul transparan.

3. Penyimpanan Alat Kaca

a) Dalam Laci

Alat kaca dapat disimpan dalam laci luncur. Untuk mencegah pecahnya kaca, perhatikanlah hal-hal berikut:

1. Jika banyak benda kaca dengan aneka bentuk (*shapes* dan *forms*) terkumpul dalam laci luncur, pecah mungkin terjadi.
2. Jika laci terlalu pendek, alat kaca dapat pecah ketika laci ditutup.
3. Jika laci macet, hentakan seketika dapat menyebabkan benda-benda kaca berbenturan satu sama lain dengan kerasnya.
4. Labu bulat, *bulb*, dsb., dapat bergulir di dalam laci. Mereka sebaiknya dibungkus dengan bantalan dan diamankan dengan bahan pengisi.
5. Berhati-hatilah ketika memindahkan atau menempatkan benda kaca dari atau ke dalam laci.

b) Di Atas Rak dan di Dalam Kabinet

Ketika menyimpan alat kaca di atas rak dan di dalam kabinet

1. Harus terdapat ruang yang cukup.
2. Tidak ada bagian dari benda yang boleh menyembul melebihi tepi rak.
3. Barang-barang harus ditempatkan sedemikian rupa agar tidak menggelinding keluar atau bergulir mengenai barang yang lain.
4. Labu berdasar-bulat sebaiknya didudukkan pada cincin gabus.

5. Barang-barang yang berat, besar, atau tidak praktis sebaiknya disimpan pada tingkat dasar.

c) Penyiapan untuk Penyimpanan Jangka-Panjang

Jika alat kaca laboratorium tidak akan digunakan untuk jangka waktu yang lama, lepaskan cerat buret, sambungan kaca-asah, dan sumbat labu untuk menghindari pelekatan. Bersihkan pelumas dari sambungan. Longgarkan sedikit tutup dan cerat Teflon® untuk memperpanjang umur bahan *sealant*.

Agar mudah disimpan dan digunakan kembali, sisipkan secarik kertas tipis di antara permukaan-permukaan kaca-asah. Jika tidak, sambungan asah dapat saling menempel dan mungkin sangat sulit dipisahkan.

4. Merangkai Alat Kaca Sambungan-Asah

1. Rencanakan rangkaian Anda sedemikian rupa sehingga tempat kerja Anda tidak berantakan, dan semua komponen mudah diakses.
2. Gunakan sesedikit mungkin jepitan untuk menyangga radas dengan kokoh.
 - (a) Ketelitian sambungan kaca-asah memberi sedikit kelonggaran untuk ketidaksejajaran.
 - (b) Sambungan itu sendiri memberikan daya sangga dan ketegaran (*rigidity*) mekanis.
3. Sangga semua labu dengan cincin (Gambar 96) untuk kestabilan, sekalipun jepitan dapat menyangga leher labu itu.

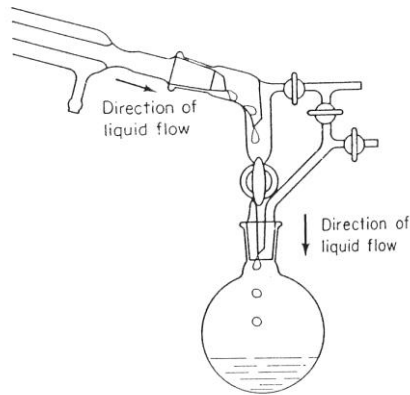


Gambar 96 Cincin penyangga; gunakan dengan penahan jepitan yang cocok untuk menopang bejana berdasar-bulat, corong, dan radas lainnya pada dudukan atau bingkai penyangga. Tersedia dalam berbagai ukuran dan panjang batang.

4. *Selalu* rangkai radas dari bawah ke atas.

Catatan:

Rangkai alat kaca sedemikian rupa sehingga setiap aliran cairan selalu melalui sambungan sebelah dalam (jantan). Ia tidak boleh mengalir ke dalam sambungan (Gambar 97). Peringatan-dini ini menjaga permukaan sambungan tetap bebas dari cairan dan mencegah kemungkinan pencemaran oleh pelumas.



Gambar 97 Arah aliran cairan dalam rangkaian dengan sambungan yang dihubungkan dengan ujung *drip*.

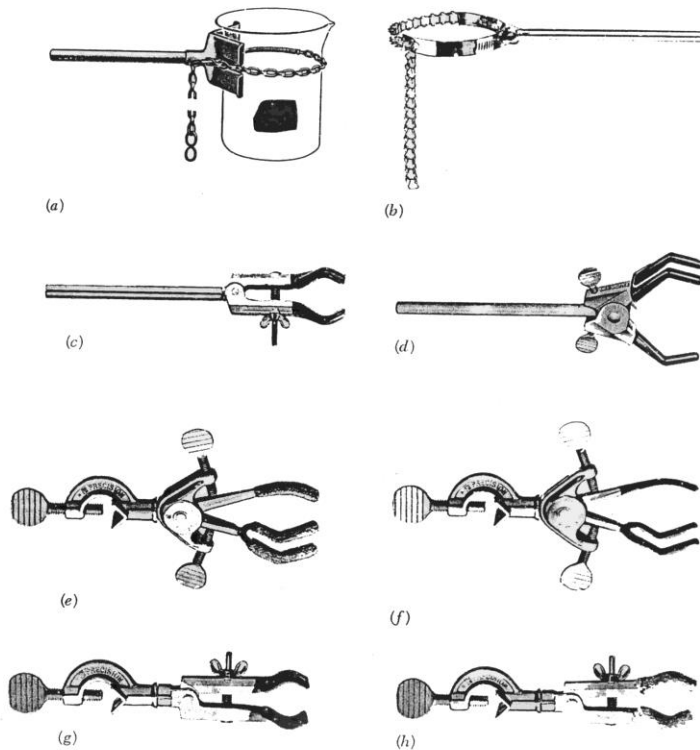
- (a) Pasang semua jepitan secara longgar pada awalnya, kecuali jepitan yang di bawah. *Gunakan jepitan yang tepat dengan ukuran yang sesuai* (Gambar 98 dan 99).
- (b) Berangsur-angsur kencangkan jepitan-jepitan tersebut ketika radas menuju rangkaian utuh, untuk mengakomodasi radas itu.
- (c) *Pastikan penjajarannya tepat*, lalu akhirnya kencangkan semua jepitan.

Perhatian: Selalu gunakanudukan cincin yang stabil, yang *tidak goyang*, atau gunakan sebuah jejaring bingkai yang kaku sebagai penyangga. (Lihat Gambar 100.)

- (d) Jangan meletakkan radas Anda membentuk suatu sudut. Amalan laboratorium profesional menuntut agar benda yang diposisikan vertikal betul-betul tepat vertikal.
- (e) *Jangan pernah memaksakan penjajaran radas kaca-asah*. Hal ini menyebabkan pecah, kebocoran, dan fungsi yang tidak semestinya dari radas itu.

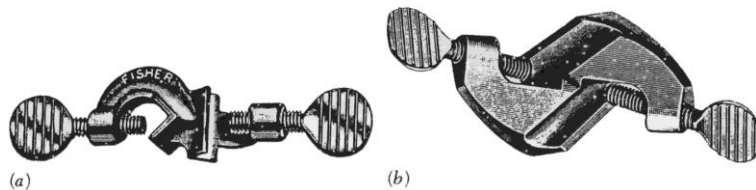
a) Keselamatan

1. Selalu periksa kembali sistem Anda, terutama ketika Anda bekerja pada tekanan yang rendah atau dengan bahan yang amat sangat berbahaya.



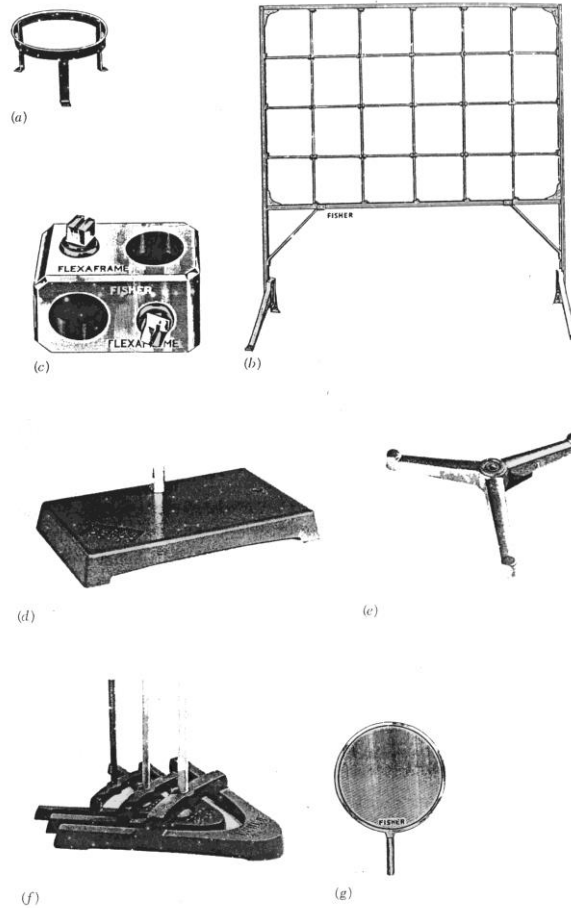
Gambar 98 Jepitan. (a) Jepitan gelas piala; ukuran rantai dapat disetel dengan tegangan pegas. (b) Jepitan jenis-sekrup dengan tegangan yang dapat disesuaikan. (c) Jepitan utilitas dengan pegangan yang panjang. (d) Jepitan tiga gigi, dua-rahang, berlapis-vinil dengan pegangan yang panjang untuk memegang peralatan. (e) Jepitan tiga-gigi, dua-rahang, berlapis-asbes. (f) Jepitan tiga-gigi, dua-rahang,

berlapis-vinil. (g) Jepitan berposisi-tetap dengan rahang berlapis-vinil. (h) Jepitan utilitas berposisi-tetap dengan rahang berlapis-asbes.



Gambar 99 Penahan jepitan melabuhkan batang ke batang yang lain dengan aman, menopang rangkaian, dan menahan jepitan untuk menopang rangkaian. Tersedia dalam arah sejajar (a) atau tegak-lurus (b).

2. *Selalu periksa sistem ventilasi Anda, terutama ketika Anda bekerja dengan gas beracun. Gunakan lemari asam jika perlu.*
3. *Jangan pernah menggunakan alat kaca yang retak atau pecah. Anda dapat kehilangan bahan Anda atau mungkin Anda terluka karena terkena bahan itu.*



Gambar 100 Penyangga. (a) Dasar penyangga yang bulat, diletakkan pada permukaan-daerah-kerja, untuk menopang wadah berdasar-bulat; tersedia dalam suatu rentang ukuran. (b) Bingkai lentur yang dapat dirangkai dari batang-batang yang beragam panjangnya untuk memenuhi syarat sebagai penyangga radas. Memberikan dasar yang tunak tanpa menggunakan banyak dudukan penyangga. (c) Jepitan batang bersudut siku-siku. (d) Dasar penyangga batang-tunggal persegi panjang. Cukup kokoh pada

tempat yang datar. (e, f) Kaki tiga memberikan penyangga yang kokoh bagi radas; mungkin memiliki dua batang vertikal. (g) Lempengan penyangga yang dijepitkan pada dasar penyangga atau bingkai penyangga dengan jepitan yang sesuai digunakan untuk menahan wadah berdasar-datar.

5. Bahan Baku Alat Kaca

Kaca bukanlah padatan kristalin sejati. Ia tidak memiliki titik leleh yang tajam dan dapat dibedakan. Ia lebih menyerupai suatu larutan padat atau cairan yang luar biasa kental, yang berangsur-angsur melunak ketika dipanaskan. Sifat kaca inilah yang membuat pengolahan-kaca mungkin dilakukan.

Alat kaca dari kapur-soda yang lunak tidak tahan-panas sebab titik lelehnya rendah (600–800 °C) dan memiliki koefisien pemuaian yang besar. Jika dikenai perubahan suhu yang ekstrem secara mendadak, alat ini akan pecah atau retak. Namun, ia dapat digunakan dengan memuaskan untuk peralatan seperti labu volumetrik untuk menyimpan larutan, batang pengaduk, radas pengangkut-cairan dan -gas, serta wadah untuk reaksi dan pencampuran pada suhu-normal. Ia tidak dapat dipanaskan dengan nyala api terbuka atau dengan pemanas listrik. Ia dapat dikerjakan dengan pembakar Bunsen atau Tirrill dan diserang oleh basa.

Alat kaca laboratorium dari borosilikat yang keras, meleleh pada suhu tinggi (750–1100 °C), dan tahan-panas (misalnya, kaca merek Pyrex) harus digunakan kapanpun perubahan suhu secara mendadak dapat terjadi, misalnya untuk gelas piala yang mungkin didinginkan seketika, labu reaksi, serta kolom dan kondensor penyulingan. Ia harus digunakan setiap kali alat kaca dikenai nyala api langsung atau elemen

pemanasan listrik. Ia dapat dikerjakan hanya dengan obor oksigen dan tahan terhadap serangan oleh basa. Lihat Tabel 16 untuk sifat-sifat kaca. Ketika memilih alat kaca, pilih jenis yang sesuai dengan kebutuhan Anda.

Tabel 16 Sifat-sifat kaca

Sifat	Jenis kaca	
	Pyrex ^a	Kimble Flint ^b
Koefisien pemuaian (0–300 °C)	$3,25 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$	$9,3 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$
Titik pelunakan (<i>softening</i>)	820 °C	700 °C
Titik pengerasan (<i>annealing</i>)	565 °C	526 °C
Titik regangan (<i>strain</i>)	515 °C	486 °C
Rapatan	2,23 g/cm ³	2,53 g/cm ³
Indeks bias	1,474 ^c	1,52

^a Corning 7740 Glass (Pyrex) ialah kaca borosilikat dengan kadar-basa-rendah yang bebas dari unsur-unsur kelompok magnesium-kapur-zink, logam berat, arsenik, dan antimoni. Ia memiliki keawetan kimia yang luar biasa. Kelarutan dapat diabaikan pada sebagian besar kondisi.

^b Kaca Kimble Standard Flint (R-6) ialah kaca kapur-soda superior yang dikembangkan terutama untuk bejana yang akan digunakan pada atau di dekat suhu ruang. Pada daerah suhu ini, reaksi dapat diabaikan antara kaca dan cairan yang dikandungnya.

^c Garis-D natrium.

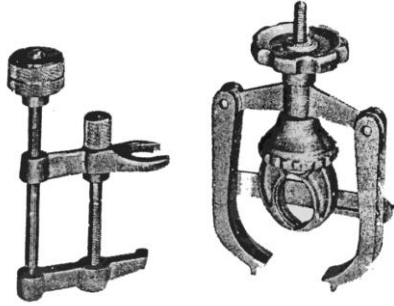
6. Menangani Sumbat dan Cerat

a) Melonggarkan Sumbat dan Cerat yang ‘Macet’

Alat kaca dan botol pereaksi di laboratorium memiliki sambungan kaca-ke-kaca yang kadang-kadang ‘macet’. Untuk melonggarkan cerat, sumbat, atau sambungan kaca-ke-kaca apapun yang ‘macet’, Anda dapat menggunakan teknik-teknik berikut.

Perhatian: Ingatlah, *kaca itu rapuh*, dan akan pecah oleh hentakan termal atau mekanis yang hebat. *Berhati-hatilah dan tangani dengan lembut.* Jangan memberikan gaya yang terlalu kuat atau perlakuan yang kasar.

1. *Pengetukan perlahan-lahan.* Ketuk perlahan-lahan cerat atau sumbat yang macet dengan gagang *kayu* dari spatula. Ketuk sedemikian rupa sehingga arah gaya akan menyebabkan sumbat terlepas. Jika Anda mengetuk *terlalu keras*, sumbat akan pecah. Ketika mengetuk, pegang bendanya dengan tangan kiri dan ketuk perlahan dengan gagang kayu dari spatula yang dipegang di tangan kanan. (Lakukan sebaliknya jika Anda kidal.) Selalu bekerja langsung di atas permukaan meja yang dilapisi oleh bahan berbantal halus untuk mencegah pecahnya sumbat yang jatuh.
2. *Pemanasan.* Coba rendam sambungan yang macet dalam air panas. Jika tidak berhasil, hangatkan *housing* cerat atau *housing* sumbat *dengan lembut* dalam nyala api yang berasap (*smoky flame*) dari suatu pembakar-gas seperti pembakar Bunsen. Panas menyebabkan *housing* memuai. Putar secara konstan agar pemanasan merata. Ketika panas, ketuk perlahan dengan gagang spatula. Ulangi beberapa kali, agar *housing* memuai dan berkontraksi untuk melepaskan tutup yang macet.
3. *Perendaman.* Rendam rangkaian yang macet dalam gliserin encer yang panas dan air atau pelarut berklorin (CCl_4) dan lemak.
4. *Jepitan pemisah-cerat.* Pasangkan jepitan ini (Gambar 101) pada cerat dan *housing* yang macet dan putar *perlahan-lahan*; *the knurled nut* memberikan tekanan untuk memisahkan komponen-komponen itu.



Gambar 101 Jepitan untuk melepaskan cerat dan sumbat yang macet.

Perhatian: Berhati-hatilah dan gunakan jepitan pemisah-cerat dengan prosedur 1-3 atau kombinasinya.

5. *Metode air soda.* Sambungan kaca-asah yang macet kadang-kadang dibebaskan dengan merendamnya dalam wadah air soda yang baru dibuka. Penetrasi cairan tampak dari terlihatnya cairan berwarna di antara sambungan-sambungan itu. Biarkan terendam cukup lama agar terjadi penetrasi maksimum. Kemudian keluarkan, bilas kuat dengan air keran, dan keringkan - biarkan permukaan dalamnya basah. Hangatkan dengan lembut sambungan sebelah luar di atas nyala Bunsen yang berasap sambil terus-menerus diputar. Setelah timbunan karbon melapisi seluruh sambungan luar, keluarkan dari nyala api dan cobalah memutar komponen agar memisah (gunakan sarung tangan asbes untuk perlindungan terhadap kaca yang panas). *Jangan memaksakan.* Ulangi jika perlu.

Perhatian: Jangan pernah menyimpan pereaksi basa dalam buret, botol, dan labu yang bertutup-kaca-asah. Tutup kaca-asah atau cerat dapat menempel.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, B. 2008. Pengenalan alat labotarorium Dasar. Departemen Kimia IPB. Bogor.
- Brady, J. 1999. General Chemistry, principles & structure. Terjemahan Bina rupa aksara. Jakarta.
- Girindra, A. 1993. Biokimia I. PT gramedia pustaka utama. Jakarta.
- Esler, William & Mary K. 1993. *Teaching elementary science*. Belmont California. Wadsworth Publshing company.
- Nono Sutarno dkk. 2006. Materi dan pembelajaran IPA SD. Universitas Terbuka Press.
- Herlen W. 1992. *The Teaching of Science: studies in primary education*. London: David fulton publisher.
- Gega, Peter C. 1994. *How to teach elementary science*. New York: Macmillan Publishing company.
- Takashi Ito. 2011. Kimia Dasar. Online publishing.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis dilahirkan pada tanggal 27 Agustus 1978 di Pandeglang. Ia lulus dari SMA Negeri I Serang pada tahun 1997. Ia memperoleh gelar Sarjana kimia pada tahun 2003 dari Unila dan gelar Magister sains bidang kimia pada tahun 2008 dari Sekolah pascasarjana IPB Bogor dan Tahun 2007 Penulis juga kuliah di Program S2 Pengajaran Kimia ITB. Tahun 2009, penulis diterima di Program Studi Doktor kimia ITB. Selama mengikuti program Doktor di ITB, penulis berkesempatan mengikuti *Sándwich programme* di Shinshu University, Nagano, Jepang yang di sponsori oleh program I'M Here FMIPA ITB. Sejak tahun 2004 penulis menjadi staf pengajar di Jurusan PGMI dan Persiapan Prodi Kimia UIN SMH Banten. Penulis menikah dengan Ninis Anisah Saidatunnisa pada tahun 2009 dan mempunyai tiga orang anak Shofiya Ainun Ilmi, 7 tahun, dan Dzakira Aulia Zahra, 5 tahun dan Aisyah Ayudhia Izzati, 2 tahun. Penulis banyak mencurahkan pikiran dan bidang keilmuan dalam bentuk publikasi ilmiah internasional dalam bentuk jurnal dan prosiding yang terindeks Scopus dan memiliki Scopus ID:56242518000 dan buku (Konsep dasar IPA dan pembelajarannya, Manajemen Laboratorium termasuk buku ini, TIK dalam pembelajaran PAI) juga artikel di surat kabar (Kabar Banten, 4 artikel dan Radar Banten 1 Artikel).Aktivitas profesional diluar sebagai dosen penulis juga aktif sebagai asesor BAN S/M provinsi Banten, Trainer pada USAID Project dan AusAid juga

sebagai pembina dan juri OSN bidang IPA dan Kimia di provinsi Banten.