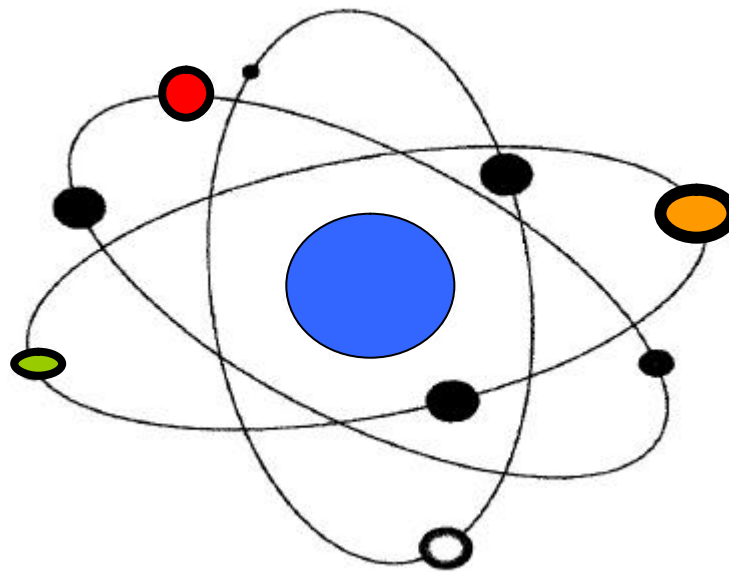


Kode KIM. 03

Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur



**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2004

Kode KIM. 03

Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur

Penyusun

Drs. Bambang Sugiarto, MPd.

Editor

Drs. Sukarmin, M. Pd.

BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2004

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang

sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004
a. n. Direktur Jenderal Pendidikan
Dasar dan Menengah
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M. Sc.
NIP 130 675 814

Kata Pengantar

Syukur Alhamdulillah modul ini telah terselesaikan tepat pada waktunya. Modul ini disusun sedemikian, sehingga diharapkan para pemakai dapat dengan mudah menggunakan. Beberapa gambar dan contoh sengaja diberikan agar para siswa Sekolah Menengah Kejuruan dapat memahami isinya.

Dalam modul ini akan dipelajari perkembangan teori atom yang diajukan oleh para ahli dan membandingkan teori-teori tersebut serta sejarah perkembangan sistem periodik unsur dan sifat-sifat unsur. Dengan mempelajari materi tersebut diharapkan para siswa dapat memiliki modal untuk dapat mempelajari materi selanjutnya.

Mudah-mudahan modul ini bermanfaat dan para siswa dapat memperoleh kompetensi seperti yang diharapkan dalam kurikulum.

Surabaya, Desember 2004

Penyusun

Bambang Sugiarto

Daftar Isi

📖	Halaman Sampul.....	i
📖	Halaman Francis.....	ii
📖	Kata Pengantar.....	iii
📖	Kata Pengantar.....	v
📖	Daftar Isi.....	vi
📖	Peta Kedudukan Modul.....	viii
📖	Daftar Judul Modul.....	ix
📖	Glosary.....	x

I. PENDAHULUAN

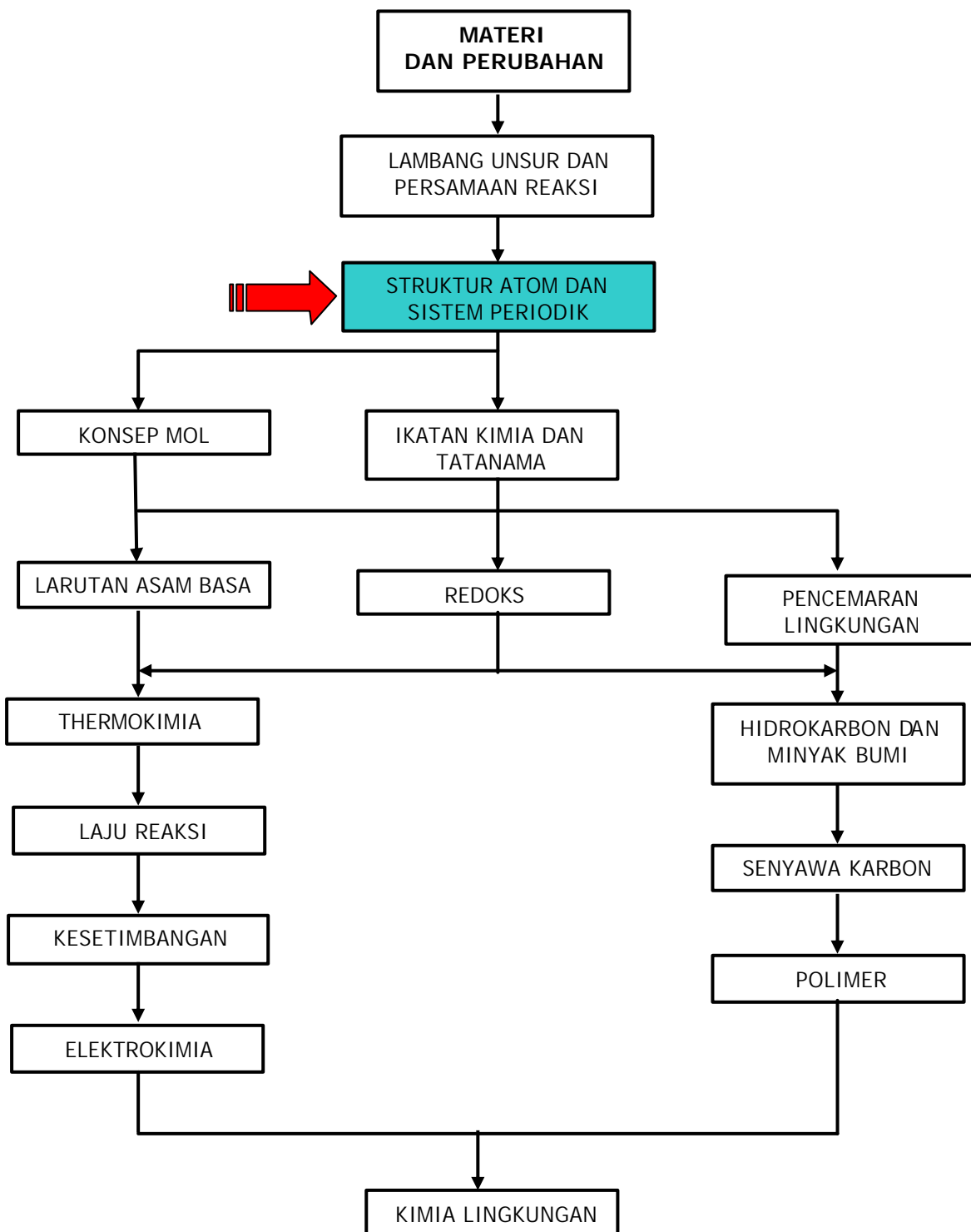
A. Deskripsi.....	1
B. Prasyarat.....	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul.....	2
D. Tujuan Akhir.....	2
E. Kompetensi.....	3
F. Cek Kemampuan.....	5

II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat.....	6
B. Kegiatan Belajar.....	7
1. Kegiatan Belajar 1.....	7
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	7
b. Uraian Materi.....	7
c. Rangkuman.....	17
d. Tugas.....	19
e. Tes Formatif.....	19
f. Kunci Jawaban.....	19
2. Kegiatan Belajar 2.....	21
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	21
b. Uraian Materi.....	21
c. Rangkuman.....	39
d. Tugas.....	40
e. Tes Formatif.....	43
f. Kunci Jawaban.....	44

III. EVALUASI	45
A. Tes tertulis	45
KUNCI JAWABAN	47
A. Tes tertulis	47
KRITERIA PENILAIAN	49
IV. PENUTUP	50
DAFTAR PUSTAKA	51

Peta Kedudukan Modul



Daftar Judul Modul

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	KIM. 01	Materi dan Perubahannya
2	KIM. 02	Lambang Unsur dan Persamaan Reaksi
3	KIM. 03	Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur
4	KIM. 04	Konsep Mol
5	KIM. 05	Ikatan Kimia
6	KIM. 06	Larutan Asam Basa
7	KIM. 07	Reaksi Oksidasi dan Reduksi
8	KIM. 08	Pencemaran Lingkungan
9	KIM. 09	Termokimia
10	KIM. 10	Laju Reaksi
11	KIM. 11	Keseimbangan Kimia
12	KIM. 12	Elektrokimia
13	KIM. 13	Hidrokarbon dan Minyak Bumi
14	KIM. 14	Senyawa Karbon
15	KIM. 15	Polimer
16	KIM. 16	Kimia Lingkungan

Glossary

Istilah	Keterangan
Partikel penyusun atom	Partikel-partikel utama yang dimaksud ialah elektron, proton, dan netron.
Sinar katoda	Elektron yang dihasilkan dari suatu katoda.
Sinar anoda	Proton yang merupakan sinar terusan/kanal yang berasal dari anoda.
Teori atom Bohr	Elektron dalam suatu atom bergerak mengitari sekeliling inti pada orbit/tingkat energi tertentu.
Model Atom Mekanika Gelombang	Letak dan kecepatan gerak elektron dalam atom merupakan kebolehjadian dan tidak dapat dipastikan, ditemukan dalam ruang ruang tertentu dalam atom yang disebut orbital.
Hukum Oktaf John Newlands	Bila unsur-unsur disusun menurut kenaikan massanya, setiap unsur kedelapan mempunyai sifat yang mirip dengan unsur pertama.
Golongan	Lajur tegak dalam Tabel Sistem Periodik yang menunjukkan kemiripan sifat unsur.
Periode	Deret mendatar dalam Tabel Sistem Periodik yang berurutan kenaikan nomor atomnya.
Sistem Periodik Panjang	Sifat unsur-unsur merupakan fungsi periodik dari nomor atom.
Jari-jari atom	Jarak dari inti atom sampai ke elektron pada kulit terluar.
Energi ionisasi	Energi yang diperlukan untuk melepas elektron terluar dari suatu atom dalam wujud gas.
Afinitas elektron	Energi yang dilepas oleh suatu atom dalam wujud gas pada saat menerima elektron.
Keelektronegatifan	Ukuran kemampuan suatu atom untuk menarik elektron dalam ikatannya.

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini Anda akan mempelajari beberapa teori atom dan perkembangan sistem periodik unsur. Seperti kita ketahui bahwa semua benda di alam ini tentunya dibentuk dari partikel-partikel yang amat kecil yang disebut atom. Pada perkembangannya ternyata atom bukanlah partikel yang paling kecil sebagai pembentuk suatu benda atau senyawa, akan tetapi atom terbentuk dari partikel-partikel dasar yang lebih kecil lagi. Dalam modul ini pula Anda akan dapat membandingkan beberapa pendapat para ahli tentang struktur atom.

Dari sekian banyak unsur yang ada, tentu orang akan mengalami kesulitan bila mempelajari sifat-sifat unsur tersebut. Untuk memudahkan, maka beberapa ahli mengelompokkan unsur-unsur tersebut. Pertama-tama dilakukan pengelompokan secara sederhana yaitu berdasarkan sifat kelogaman, selanjutnya pengelompokan berdasarkan kenaikan massa atomnya. Pengelompokan tersebut ternyata terdapat banyak kelemahan, akhirnya pengelompokan unsur-unsur dilakukan berdasarkan kenaikan nomor atom. Pengelompokan ini merupakan suatu kemajuan yang pesat, karena dapat mengkaitkan dengan sifat kimia, sifat fisika, dan massa unsur sekalipun masih terdapat sedikit kelemahan.

B. Prasyarat

Sebelum Anda mempelajari modul ini dengan materi struktur atom dan sistem periodik ini, Anda harus telah mampu memahami partikel-partikel materi serta lambang unsur.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti, karena dalam skema modul akan tampak kedudukan modul yang sedang Anda pelajari ini di antara modul-modul lainnya.
2. Pahami setiap materi yang akan menunjang penguasaan Anda dengan membaca secara teliti. Kerjakan tes formatif dan evaluasi sebagai sarana latihan Anda.
3. Jawablah tes formatif dengan jawaban singkat dan jelas, serta kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari modul ini.
4. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan jika dirasa perlu konsultasikan dengan guru/instruktur.
5. Catatlah kesulitan yang Anda temui dalam modul ini dan tanyakan kepada guru/instruktur pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi yang berhubungan dengan materi modul ini agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan teori atom berdasarkan postulat yang diajukan Dalton.
2. Menjelaskan model atom Thomson.
3. Mendeskripsikan struktur atom.
4. Menjelaskan model atom Rutherford.
5. Menjelaskan model atom menurut Bohr.
6. Menjelaskan model atom mekanika gelombang.
7. Menjelaskan perkembangan dasar pengelompokan unsur-unsur.
8. Menganalisis sistem periodik pendek (Mendeleyev) dan menemukan kelemahannya.
9. Menjelaskan arti golongan, nama khusus beberapa golongan dan periode.
10. Menghubungkan konfigurasi elektron dengan pengelompokan unsur-unsur pada sistem periodik unsur.
11. Menganalisis tabel atau grafik sifat-sifat keperiodikan unsur (jari-jari atom, afinitas elektron, keelektronegatifan, dan energi ionisasi).

E. Kompetensi

Kompetensi : STRUKTUR ATOM DAN SISTEM PERIODIK UNSUR
 Program Keahlian : Program Adaptif
 Matadiklat/Kode : KIMIA/KIM. 03
 Durasi Pembelajaran : 22 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA UNJUK KERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Mendeskripsikan perkembangan teori atom	? Perkembangan teori atom dijelaskan mulai dari teori atom Dalton hingga teori atom mekanika kuantum ? Teori atom yang satu dibandingkan dengan teori atom yang lain	? Perkembangan teori atom	? Aktif mengungkapkan perkembangan teori atom	? Penjelasan perkembangan teori atom ? Penjelasan kekurangan dan kelebihan masing-masing teori atom	? Mengidentifikasi kekurangan dan kelebihan masing-masing teori atom

<p>2. Menginterpretasikan data-data yang terdapat dalam tabel sistem periodik</p>	<p>? Sejarah perkembangan sistem periodik dikenal melalui studi kepustakaan</p> <p>? Jumlah proton, elektron, dan neutron suatu unsur ditentukan berdasarkan nomor atom dan nomor massanya</p> <p>? Golongan dan periode suatu unsur ditentukan berdasarkan konfigurasi elektron</p> <p>? Sifat-sifat periodik unsur ditentukan sesuai tabel periodik unsur</p>	<p>? Sejarah perkembangan sistem periodik unsur</p> <p>? Nomor massa dan nomor atom</p> <p>? Golongan dan periode suatu unsur</p> <p>? Sifat-sifat periodik unsur</p>	<p>? Cermat menunjukkan letak unsur-unsur dalam tabel sistem periodik</p>	<p>? Penjelasan perkembangan penggolongan unsur - unsur</p> <p>? Pengenalan tabel periodik unsur</p> <p>? Penentuan nomor massa, nomor atom, jumlah elektron, proton, dan neutron</p> <p>? Penjelasan tentang konfigurasi elektron</p> <p>? Penentuan golongan dan periode</p> <p>? Penjelasan sifat-sifat periodik unsur</p>	<p>? Menginterpretasikan data yang berhubungan antara nomor massa, nomor atom, dan konfigurasi elektron dengan tabel sistem periodik</p>
---	---	---	---	---	--

F. Cek Kemampuan

1. Bagaimanakah pendapat John Dalton tentang atom?
2. Bagaimanakah pendapat Thomson tentang atom?
3. Deskripsikan struktur atom menurut pendapat Rutherford.
4. Bagaimanakah bunyi postulat Bohr tentang atom?
5. Bagaimanakah model atom menurut mekanika gelombang?
6. Jelaskan arti golongan dan periode pada tabel sistem periodik unsur.
7. Jelaskan hubungan konfigurasi elektron dengan pengelompokan unsur-unsur pada tabel sistem periodik unsur.
8. Bagaimanakah sifat keperiodikan unsur (jari-jari atom, afinitas elektron, keelektronegatifan, dan energi ionisasi)?

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 1

Setelah mempelajari Kegiatan Belajar 1, diharapkan Anda mampu:

1. Menjelaskan teori atom berdasarkan postulat yang diajukan Dalton.
2. Menjelaskan model atom Thomson.
3. Mendeskripsikan struktur atom.
4. Menjelaskan model atom Rutherford.
5. Menjelaskan model atom menurut Bohr.
6. Menjelaskan model atom mekanika gelombang.

b. Uraian Materi 1

Teori Atom

1. Model Atom Dalton

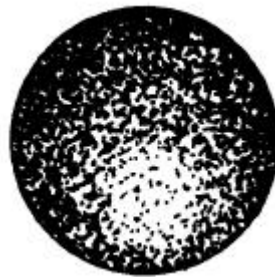
Masa modern kimia diawali sejak proposal John Dalton tentang teori atom dalam bukunya *"New system of chemical philosophy"* 1808. Jauh sebelum Dalton sebenarnya beberapa teori telah diajukan oleh ilmuwan Yunani Leucippos yang dilanjutkan oleh Democritos pada abad ketiga sebelum Masehi. Akan tetapi teori Dalton ini sangat melengkapinya dan lebih cocok, sehingga teori ini mampu menumbuhkan ilmu kimia.



Gambar 1.
John Dalton

Pada tahun 1808, John Dalton seorang ahli kimia bangsa Inggris mengemukakan gagasannya tentang atom sebagai partikel penyusun materi. Menurut teori atom Dalton:

1. Atom merupakan partikel terkecil yang tidak dapat dibagi lagi.
2. Atom suatu unsur yang sama mempunyai bobot yang sama, sedang unsur yang berbeda atomnya akan berbeda pula, yang berarti mempunyai bobot berbeda.
3. Senyawa dikatakan sebagai hasil dari penggabungan atom-atom yang tidak sama dengan perbandingan bobot yang proporsional dengan bobot atom yang bergabung itu.
4. Reaksi kimia hanya melibatkan penataulangan atom-atom sehingga tidak ada atom yang berubah akibat reaksi kimia.

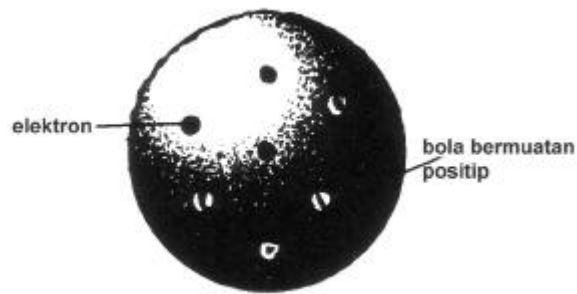


Gambar 2. Model atom Dalton

Kata atom sebenarnya berasal dari bahasa Latin *atomos*, yang berarti tidak terbelahkan.

2. Model Atom Thomson

Penemuan elektron atas jasa J. J Thomson dan R. Millikan pada tahun-tahun pertama abad ke-20 memberikan bukti ketidaksempurnaan model atom Dalton. J. J Thomson merinci model atom Dalton yang mengemukakan, bahwa di dalam atom terdapat elektron-elektron yang tersebar secara merata dalam "bola" bermuatan positif. Keadaannya mirip roti kismis. Kismis (diumpamakan sebagai elektron) tersebar dalam seluruh bagian dari roti (diumpamakan sebagai bola bermuatan positif).



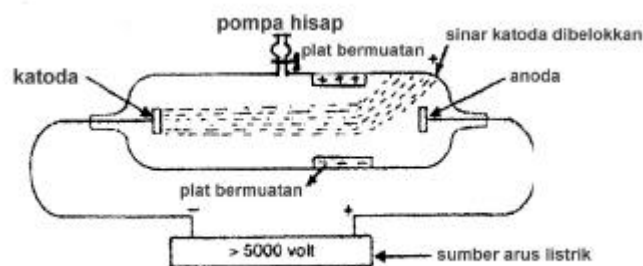
Gambar 3. Model atom Thomson

3. Struktur Atom

Menjelang abad ke-19 dengan ditemukan adanya elektron dan gejala radioaktivitas, maka atom bukan lagi partikel yang tidak dapat dibagi-bagi lagi, melainkan atom itu mengandung sejumlah partikel sub-atomik. Partikel-partikel utama yang dimaksud ialah elektron, proton, dan neutron. Sedang partikel lain yang terdapat di dalam atom diantaranya ialah positron, neutrino dan meson. Partikel-partikel lain ini biasanya diperoleh selama terjadi perubahan-perubahan.

a. Elektron

Bila suatu muatan listrik dilewatkan melalui tabung Geisler yang berisi gas dengan tekanan sangat rendah, maka akan diemisikan seberkas sinar dari katoda. Sinar ini biasa disebut sinar katoda yang ditemukan oleh Plucker (1859) dan diteliti oleh Hittorf (1869) dan William Crookes (1879 – 1885).

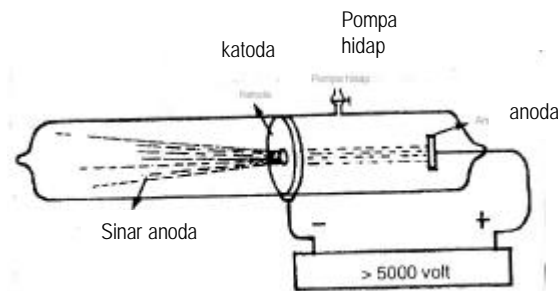


Gambar 4. Pembuktian sinar katoda

Sinar ini bergerak lurus meninggalkan katoda dengan kecepatan tinggi dan dapat menimbulkan bayangan kabur bila diberi tabir, dapat dibelokkan oleh medan magnet dan medan listrik. Thomson (1897) berhasil menentukan harga perbandingan e/m , yaitu perbandingan muatan listrik dengan massa. Akhirnya Stoney (1874) memberikan nama partikel itu sebagai elektron yang selalu dikandung oleh semua materi dengan harga e/m yang sama. Harga e/m yang terbesar dimiliki oleh atom hidrogen. Diperoleh harga $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C dan $m = 9,11 \times 10^{-34}$ g.

b. Proton

Oleh karena elektron merupakan penyusun atom yang bermuatan negatif, berarti materi harus mengandung penyusun lain yang bermuatan positif. Hal ini dibuktikan oleh Goldstein (1886) dan Wien yang juga disebut *sinar terusan* atau *sinar kanal*. Partikel positif ini terjadi karena tabrakan antara partikel gas dalam tabung dengan elektron berenergi besar yang bergerak dari katoda ke anoda dalam tabung gas.



Gambar 5. Pembuktian sinar positif

Dari berbagai eksperimen diperoleh dua perbedaan terpenting dari pengukuran e/m terhadap elektron.

- a. Perbandingan muatan/massa untuk ion positif *berbeda*, jika gas dalam tabung berbeda. Pada massa pengukuran e/m elektron diperoleh harga yang sama apapun jenis gas yang terdapat di dalamnya.

- b. Harga muatan/massa untuk ion positif jauh lebih kecil dari harga untuk elektron. Fakta ini menunjukkan bahwa ion positif terbentuk dari gas yang terdapat dalam tabung dan massanya lebih besar dari massa elektron.

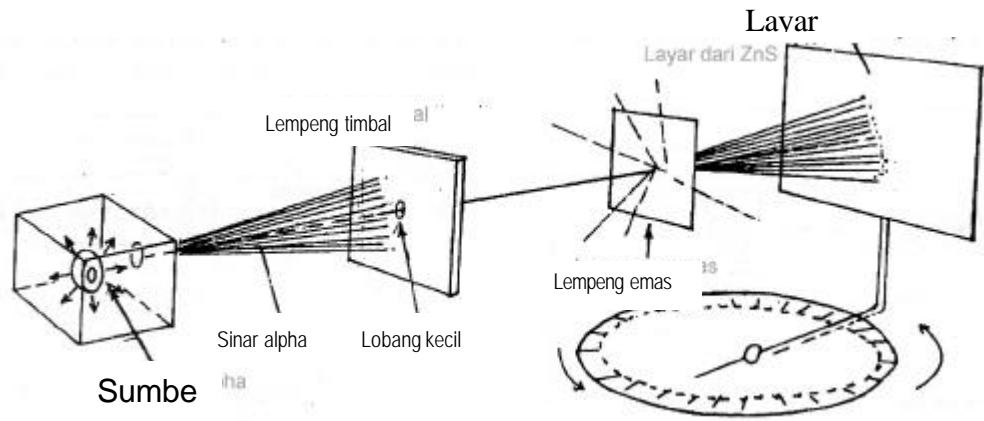
Diperoleh hasil, bahwa harga e/m untuk sinar terusan hidrogen lebih besar dari e/m untuk elektron. Dari sini dipostulatkan, bahwa H^+ adalah suatu partikel dasar atom yang besar muatannya sama dengan muatan elektron tetapi tandanya berlawanan.

$$\begin{aligned}
 e/m \text{ elektron} &= 1,76 \times 10^8 \text{ Coulomb/g} \\
 e/m \text{ ion } H^+ &= 96520/1,008 \text{ Coulomb/g} \\
 \frac{\text{massa elektron}}{\text{massa } H^+} &= \frac{96520}{1,76 \cdot 10^8 \cdot 1,008} = \frac{1}{1837}
 \end{aligned}$$

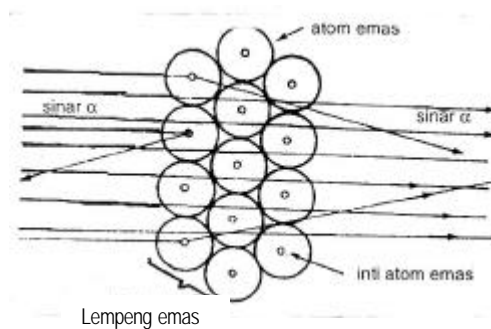
c. Neutron

Rutherford (1920) meramalkan bahwa kemungkinan besar di dalam inti terdapat partikel dasar yang tidak bermuatan. Akan tetapi karena netralnya, maka partikel ini sukar dideteksi. Selanjutnya tahun 1932 James Chadwick dapat menemukan neutron. Dari reaksi inti, partikel α dengan massa 4 dapat ditangkap oleh boron ($A_r = 11$) menghasilkan nitrogen ($A_r = 14$) dan neutron dengan massa 1. Reaksi inti ini ditunjukkan oleh persamaan : ${}_2\text{He}^4 + {}_5\text{B}^{11} \rightarrow {}_7\text{N}^{14} + {}_0\text{n}^1$

Dengan demikian maka partikel elektron, proton dan neutron merupakan penyusun dasar suatu materi.



Gambar 6. Percobaan Rutherford



Gambar 7. Penembakan sinar a pada lempeng emas

Sifat-sifat partikel-partikel dasar penyusun atom yang dikemukakan di atas dapat ditabulasikan berikut ini.

Tabel 1. Beberapa sifat partikel dasar penyusun atom

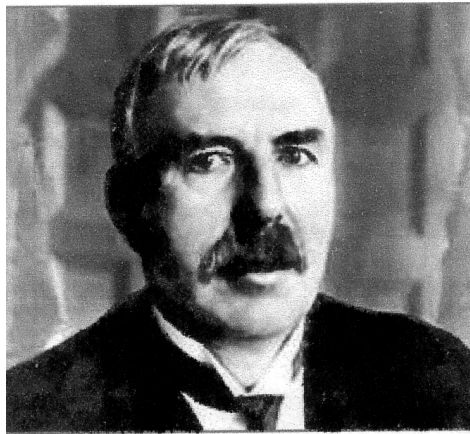
Partikel dan Lambang	Penemu	Massa		Muatan	
		Sesungguhnya (gram)	Relatif Terhadap proton	Sesungguhnya	Relatif terhadap p proton
Proton (p)	Goldstein (1886)	$1,673 \times 10^{-24}$	1	$+4,803 \times 10^{-14}$ ses ($+1,6 \times 10^{-19}$ C)	+1
Neutron (n)	James Chadwick (1932)	$1,675 \times 10^{-24}$	1	0	0
Elektron (e)	J. J Thomson (1897)	$9,11 \times 10^{-28}$	1/1836	$-4,803 \times 10^{-30}$ ses ($-1,9 \times 10^{-19}$ C)	-1

Catatan: ses = satuan elektrostatik
 C = Coulomb

4. Model Atom Rutherford dan Kelemahannya

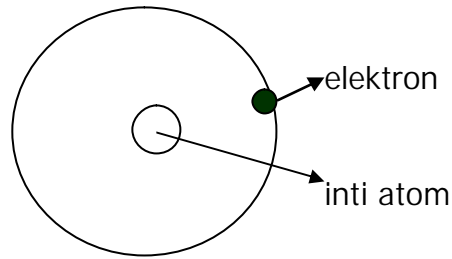
Rutherford mengajukan teori atomnya, yaitu:

- a. Sebagian besar atom berupa ruang kosong, sehingga semua massa atom terpusat pada inti atom yang sangat kecil.
- b. Atom disusun dari:
 - i. *Inti* atom yang bermuatan positif.
 - ii. *Elektron-elektron* yang bermuatan negatif yang mengelilingi inti atom.
- c. Seluruh proton terpusat di dalam inti atom.
- d. Banyaknya proton di dalam inti sama dengan jumlah elektron yang mengelilingi inti atom, sehingga atom bersifat netral.



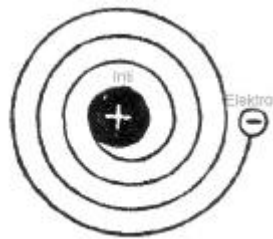
Gambar 8. Ernest Rutherford

Dari teorinya, Rutherford memodelkan atom sebagaimana pada sistem tata surya, yaitu elektron-elektron bergerak mengelilingi inti atom seperti planet-planet mengitari matahari. Sebagai contoh, atom hidrogen mempunyai inti yang bermuatan +1, maka muatan ini diimbangi oleh 1 elektron yang mengitari inti.



Gambar 9. Model Atom Rutherford

Satu keberatan dari postulat Rutherford adalah selama elektron bergerak dalam suatu orbit, maka ada percepatan menuju ke pusat, elektron ini secara kontinyu mengemisikan radiasi dan secara berangsur-angsur akan melepaskan energi yang akhirnya akan jatuh ke dalam inti. Hal ini adalah tidak mungkin terjadi karena atom itu stabil lagi pula model ini tidak dapat memperoleh data dari penelitian spektrum atom unsur-unsur.



Gambar 10. Kelemahan model atom Rutherford

5. Model Atom Bohr

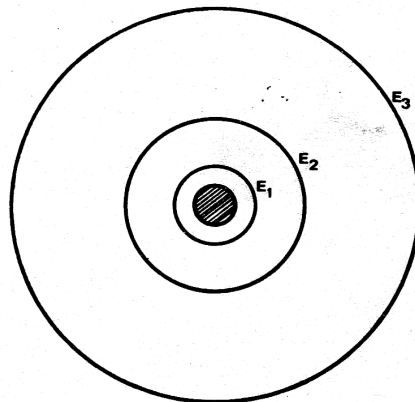
Tahun 1913 Bohr mengusulkan suatu model atom yang dapat dijelaskan melalui spektra hidrogen. Ia menerima konsep ini seperti yang diusulkan oleh Rutherford, akan tetapi dengan menerapkan teori kuantum radiasi seperti yang dikembangkan oleh Planck dan Einstein dalam menerangkan sifat-sifat sistem planet elektron.



Gambar 11. Niels Bohr

Postulat Bohr berbunyi:

- a. Elektron dalam suatu atom bergerak mengitari sekeliling inti pada orbit tertentu. Setiap orbit mempunyai tingkat energi tertentu dan energi suatu elektron adalah tetap selama berada pada orbitnya. Elektron yang berada pada tingkat ini disebut tingkat stasioner dan setiap tingkat energi dinamakan tingkat energi atau kulit. Elektron pada tingkat energi ini tidak meradiasikan energi.



Gambar 12. Model Atom Bohr

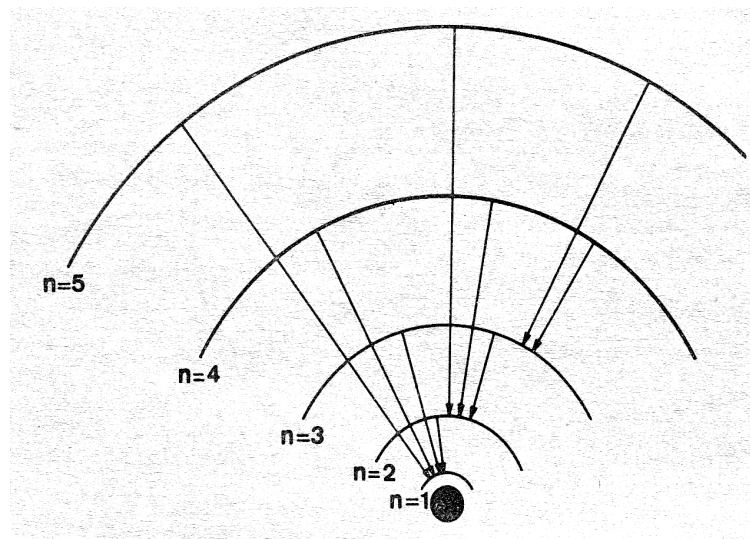
- b. Emisi dan absorpsi energi dalam bentuk radiasi hanya dapat dihasilkan jika suatu elektron pindah dari tingkat stasioner ke tingkat lainnya.

- c. Energi tidak diemisikan atau diabsorpsi secara pelan-pelan, tetapi dalam satuan/paket $h\nu$ (disebut kuantum), dengan h adalah tetapan Planck dan ν adalah frekuensi energi yang diradiasikan.
- d. Lebih jauh tingkat energi dari inti, maka lebih besar pula energinya. Energi *diabsorpsi* bila elektron melompat dari orbit bagian dalam ke orbit yang lebih luar. Energi akan *diemisikan* bila elektron bergerak dari orbit yang luar ke orbit yang lebih dalam. Besarnya kuantum yang diemisikan atau diabsorpsikan dapat ditentukan dari tingkat energi elektron mula-mula dan tingkat akhir setelah mencapai keadaan stasioner. Bila E_2 dan E_1 masing-masing adalah tingkat energi awal dan akhir, sedang ν adalah frekuensi maka:

$$\nu E = E_1 - E_2 = h\nu$$

- e. Energi yang ada pada setiap orbit dipengaruhi oleh kondisi di mana momentum anguler ($m v r$) elektron yang bergerak dalam orbitnya mempunyai nilai tertentu yang secara sederhana merupakan kelipatan dari $h/2\pi$.

Dengan m = massa elektron, v = kecepatan, r = jari-jari orbit, h = tetapan Planck, dan n = orbit yang ditempati elektron (1, 2, 3, atau sesuai huruf K, L, M,).



Gambar 13. Perpindahan elektron dalam atom hidrogen

6. Model Atom Mekanika Gelombang

Pada tahun 1924, Louis de Broglie ahli fisika Prancis pemenang hadiah Nobel tahun 1929, menyimpulkan bahwa elektron dalam atom dapat dipandang sebagai partikel dan gelombang. Sebagai akibat dualistis sifat elektron, Heisenberg pemenang hadiah nobel untuk bidang fisika tahun 1926 mengemukakan azas ketidakpastian, yakni tidak mungkin mengetahui secara bersamaan kedudukan dan kecepatan gerak elektron. Dengan alasan ini lintasan elektron yang digambarkan Bohr tidak mungkin ada. Yang dapat dikatakan adalah elektron dalam atom mempunyai kebolehjadian ditemukan dalam ruang-ruang tertentu dalam atom yang disebut orbital. Gagasan bahwa elektron berada dalam orbital-orbital di seputar inti atom merupakan model atom yang mutakhir.

Pada tahun 1926, Erwin Schrodinger seorang ahli fisika Austria pemenang hadiah nobel untuk bidang fisika tahun 1933, berhasil merumuskan persamaan gelombang untuk menggambarkan gerakan elektron dalam atom. Energi dan bangun ruang orbital-orbital sebagaimana yang telah kita pelajari, diturunkan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan gelombang Schrodinger.

c. Rangkuman 1

☞ Menurut teori atom Dalton:

1. Atom merupakan partikel terkecil yang tidak dapat dibagi lagi.
2. Atom suatu unsur yang sama mempunyai bobot yang sama, sedang unsur yang berbeda atomnya akan berbeda pula, yang berarti mempunyai bobot berbeda.
3. Senyawa dikatakan sebagai hasil dari penggabungan atom-atom yang tidak sama dengan perbandingan bobot yang proporsional dengan bobot atom yang bergabung itu.

4. Reaksi kimia hanya melibatkan penataulangan atom-atom sehingga tidak ada atom yang berubah akibat reaksi kimia.
- ☞ Menurut J. J. Thomson: Bahwa di dalam atom terdapat elektron-elektron yang tersebar secara merata dalam "bola" bermuatan positif. Keadaannya mirip roti kismis.
 - ☞ Partikel-partikel utama penyusun atom ialah elektron, proton, dan neutron.
 - ☞ Elektron terdapat dalam semua materi, merupakan sinar katoda yang bergerak lurus, dapat dibelokkan oleh medan magnet/ listrik. Muatan listriknya = $1,602 \times 10^{-19}$ Coulomb dan massanya = $9,11 \times 10^{-34}$ g.
 - ☞ Proton merupakan partikel yang bermuatan positif, disebut *sinar terusan* atau *sinar kanal*. Massanya = $1,673 \times 10^{-24}$ gram.
 - ☞ Neutron, partikel netral/tak bermuatan mempunyai massa mirip proton.
 - ☞ Teori atom Rutherford:
 1. Atom disusun dari:
 - ☛ Inti atom yang bermuatan positif.
 - ☛ Elektron-elektron yang bermuatan negatif yang mengelilingi inti atom.
 2. Dalam atom yang netral, banyaknya inti atom yang bermuatan positif sama dengan banyaknya elektron.
 - ☞ Postulat Bohr tentang atom:
 - a. Elektron dalam suatu atom bergerak mengitari sekeliling inti pada orbit/tingkat energi tertentu.
 - b. Lebih jauh tingkat energi dari inti, maka lebih besar pula energinya.
 - c. Energi akan *diemisikan* bila elektron bergerak dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah.
 - d. Energi akan diabsorpsi bila elektron bergerak dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi.
 - e. Energi tidak diemisikan atau diabsorpsi secara pelan-pelan, tetapi dalam satuan/paket $h\nu$ (disebut kuantum).
 - ☞ Model Atom Mekanika Gelombang
 - a. Bahwa elektron dalam atom sebagai partikel dan gelombang.

- b. Heisenberg mengemukakan azas ketidakpastian, yakni tidak mungkin mengetahui secara bersamaan kedudukan dan kecepatan gerak elektron.
- c. Jadi elektron dalam atom mempunyai kebolehjadian ditemukan dalam ruang-ruang tertentu dalam atom yang disebut orbital.

d. Tugas 1

- 1) Diskusikan dengan teman Anda kelemahan-kelemahan teori atom Dalton menurut teori atom modern.
- 2) Apakah kelemahan teori atom Rutherford.
- 3) Kapan bisa terjadi emisi energi dan absorpsi energi?
- 4) Diskusikan dengan teman Anda tentang hubungan antara lampu listrik yang menyala dengan teori atom Bohr, khususnya butir 3) di atas.
- 5) Dapatkah kita menentukan secara pasti letak elektron?

e. Tes Formatif 1

1. Berikan tiga nama partikel dasar yang ada dalam atom. Uraikan bagaimana ditemukannya dan jelaskan sifat-sifatnya.
2. Sebutkan kelebihan dan kekurangan teori atom Bohr.
3. Berikan alasan-alasan mengapa model atom Bohr untuk atom hidrogen menyalahi prinsip ketidakpastian Heisenberg.
4. Jelaskan yang dimaksud, bahwa elektron memiliki dua sifat yaitu sebagai partikel dan gelombang.

f. Kunci Jawaban formatif 1

1. *Elektron*: partikel bermuatan listrik negatif (sinar katoda), bergerak lurus, dibelokkan oleh medan magnet/ listrik. *Proton*: partikel bermuatan listrik positif (*sinar terusan* atau *sinar kanal*), bergerak lurus. *Neutron*: partikel netral/tak bermuatan mempunyai massa mirip proton.

2. *Kelebihan:* Adanya tingkat energi/lintasan bagi elektron, dapat menjelaskan emisi dan absorpsi energi dan dapat mengetahui jari-jari atom hidrogen dan ion sejenisnya, *Kelemahan:* tingkat energi masih bisa dibagi lagi menjadi beberapa sub tingkat energi, hanya cocok untuk atom/ion berelektron satu.
3. Bahwa elektron bersifat sebagai partikel dan gelombang dan tidak mungkin mengetahui secara bersamaan kedudukan dan kecepatan gerak elektron.
4. Bahwa elektron dalam atom memiliki sifat dualistis yaitu dapat dipandang sebagai partikel dan gelombang.

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 2

Setelah mempelajari Kegiatan Belajar 2, diharapkan Anda mampu:

1. Menjelaskan perkembangan dasar pengelompokan unsur-unsur.
2. Menganalisis sistem periodik pendek (Mendeleyev) dan menemukan kelemahannya.
3. Menjelaskan arti golongan, nama khusus beberapa golongan dan periode.
4. Menghubungkan konfigurasi elektron dengan pengelompokan unsur-unsur pada sistem periodik unsur.
5. Menganalisis tabel atau grafik sifat keperiodikan unsur (jari-jari atom, afinitas elektron, keelektronegatifan, dan energi ionisasi).

b. Uraian Materi 2

SISTEM PERIODIK

1. Pengelompokan Unsur-Unsur dan Perkembangannya

Pengetahuan berbagai sifat fisis dan kimia yang dimiliki oleh unsur dan senyawanya telah banyak dikumpulkan oleh para ahli sejak dahulu. Akan tetapi pengetahuan tadi masih merupakan fakta-fakta yang terpisah-pisah, sehingga untuk mempermudah mempelajari, memahami, serta mengingat maka diperlukan penyusunan berdasarkan kesamaan atau kemiripan sifat-sifatnya.

Tabel Sistem Periodik merupakan suatu cara untuk menyusun dan mengklasifikasi unsur-unsur, dimana unsur-unsur yang mirip sifatnya diletakkan pada kelompok yang sama. Dengan melihat Tabel Sistem Periodik, para kimiawan dalam sekejap dapat menginformasikan unsur-unsur mana yang mempunyai kemiripan sifat.

Pengelompokan unsur-unsur yang paling awal dan sederhana berdasarkan sifat-sifatnya adalah menjadi kelompok logam dan non-logam.

Tabel 2. Sifat Logam dan Non-logam

Logam	Non-logam
? mempunyai kilap logam	? tidak mengkilap
? dapat ditempa	? tidak dapat menghantar panas atau listrik
? dapat diulur menjadi kawat	? pada umumnya berupa gas atau cairan
? menghantar panas dan listrik	
? Pada umumnya berupa padatan	

Lavoisier dalam bukunya (1789) mencatat 16 unsur logam dan 7 unsur bukan logam saat itu, yaitu:

1. *Kelompok logam:*

Emas	Antimon	Kobal	Perak
Tembaga	Besi	Mangan	Platina
Timah	Molibden	Nikel	Raksa
Seng	Wolfram	Timbal	Bismut

2. *Kelompok bukan logam*

Belerang	Hidrogen	Oksigen
Arsen	Pospor	Nitrogen
Karbon		

Johann W. Dobereiner (1817) adalah orang pertama yang menemukan adanya hubungan antara sifat unsur dan massa atom relatifnya. Temuan Dobereiner adalah:

Jika tiga unsur yang sama sifatnya disusun secara berurutan menurut bertambahnya massa atom relatifnya, maka:

- o Massa atom relatif unsur yang kedua merupakan rata-rata massa atom relatif unsur pertama dan ketiga.
- o Sifat lain unsur yang kedua menunjukkan sifat antara yang pertama dan ketiga.

Selanjutnya kelompok tiga unsur ini disebut "**triade**". Mari kita perhatikan contoh berikut.

Tabel 3. Triade Dobereiner

Triade	Massa Atom Relatif	Massa Atom Relatif Unsur Kedua
Li Na K	6,940 22,997 39,100	$\frac{6,940 + 39,100}{2} = 23,02$
Ca Sr Ba	40,08 87,63 137,36	$\frac{40,08 + 137,36}{2} = 88,72$

Meskipun triade Dobereiner ini masih jauh dari sempurna, namun temuan ini mendorong orang untuk menyusun daftar unsur-unsur lebih lanjut sesuai dengan sifat-sifatnya.

John Newlands (1865) menemukan hubungan lain antara sifat unsur dengan massa atom relatif, sesuai dengan hukum yang disebutnya "hukum oktaf". Ia menyusun unsur-unsur ke dalam kelompok tujuh unsur dan setiap unsur kedelapan mempunyai sifat yang mirip dengan unsur pertama, unsur kesembilan mirip dengan unsur kedua, dan seterusnya.

Tabel 4. Daftar Newlands

H 1	Li 2	Be 3	B 4	C 5	N 6	O 7
F 8	Na 9	Mg 10	Al 11	Si 12	P 13	S 14
Cl 15	K 16	Ca 17	Cr 18	Ti 19	Mn 20	Fe 21
Co dan Ni 22	Cu 23	Zn 24	Y 25	In 26	As 27	Se 28
Br 29	Rb 30	Sr 31	Ce dan La 32	Zr 33	Di dan Mo 34	Ro dan Ru 35
Pd 36	Ag 37	Cd 38	U 39	Sn 40	Sb 41	I 42
Te 43	Cs 44	Ba dan V 45	Ta 46	W 47	Nb 48	Au 49
Pt dan Ir 50	Os 51	Hg 52	Tl 53	Pb 54	Bi 55	Th 56

Simpulan dari Daftar Newlands adalah:

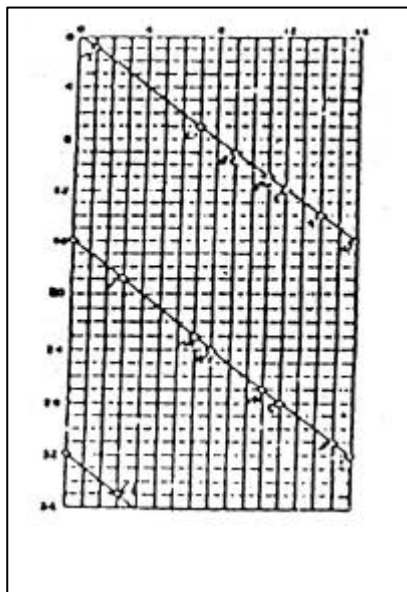
Sifat-sifat unsur merupakan pengulangan secara oktaf

Kelemahannya ialah:

- ? Tidak memperhitungkan letak unsur-unsur yang belum ditemukan
- ? Terdapat banyak pasangan unsur yang terpaksa ditempatkan pada satu posisi daftar.

Begeyer de Chancourtois, adalah orang pertama yang berhasil memperoleh suatu penyusunan unsur secara periodik berdasarkan fakta bahwa jika unsur-unsur disusun menurut penurunan massa atom, diperoleh secara periodik unsur yang sifatnya mirip.

De Chancourtois menggunakan harga massa atom relatif dalam garis lilitan sebuah silinder tegak. Dibaginya permukaan badan silinder menjadi enambelas bagian yang sama dengan garis yang sejajar dengan sumber silinder, berdasarkan massa atom relatif oksigen-16. Kurva dialurkan dari dasar silinder ke atas dengan sudut 45° . Kurva ini disebut "*Telluric Screw*" dan pada garis vertikal terdapat unsur-unsur yang mirip sifatnya.



Gambar 14. "*Telluric screw*" de Chancourtois

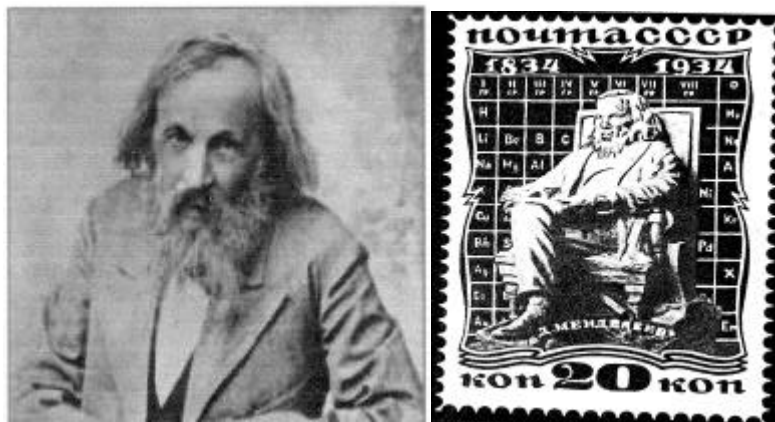
2. Sistem Periodik Pendek

Julius Lothar Meyer (1870 dari Jerman) menemukan hubungan yang lebih jelas antara sifat unsur dan massa atom relatif. Ia menemukan keperiodikan sifat unsur-unsur, jika unsur-unsur disusun menurut kenaikan massa atom relatif. Dalam mempelajari keperiodikan unsur-unsur ia lebih menekankan pada sifat-sifat fisika.

Meyer membuat grafik dengan mengalurkan volume atom unsur terhadap massa atom relatif. Volume atom unsur diperoleh dengan cara membagi massa atom relatif dengan kerapatan unsur. Grafik menunjukkan

bahwa unsur-unsur yang sifatnya mirip terletak pada bagian grafik yang mirip bentuknya. Misalnya Na, K, Rb terdapat di puncak grafik, ini menunjukkan bahwa ada hubungan antara sifat unsur dengan massa atom relatifnya.

Di Rusia **Mendeleyev** (1869) juga menyusun satu daftar seperti yang dilakukan Meyer yang terdiri dari 65 unsur yang telah dikenal pada masa itu. Selain dari sifat fisika, ia menggunakan sifat-sifat kimia untuk menyusun daftar unsur-unsur berdasarkan kenaikan massa atom relatif.



Gambar 15. Dmitry Mendeleev dan Sistem Periodik dalam prangko

Mendeleyev mengungkapkan suatu hukum periodik yang berbunyi:

"Sifat unsur-unsur merupakan fungsi periodik dari massa atom relatifnya"

Tabel Sistem Periodik Mendeleev yang telah disempurnakan (1871) terdiri atas **golongan** (lajur tegak) dan **periode** (deret mendatar) seperti tampak pada tabel halaman 39.

Keuntungan Tabel Periodik Mendeleev dalam memahami sifat unsur ialah:

1. Sifat kimia dan sifat fisika unsur dalam satu golongan berubah secara teratur.
2. Dapat meramal sifat unsur yang belum diketemukan, yang akan mengisi tempat kosong dalam daftar.

3. Tabel ini tidak mengalami perubahan setelah penemuan unsur-unsur gas mulia.

Kelemahan Tabel Periodik Mendeleev:

1. Panjang periode tidak sama.
2. Triade besi (Fe, Co, dan Ni), triade platina ringan (Ru, Rh, dan Pd), dan triade platina (Os, Ir, dan Pt) dimasukkan ke dalam golongan VIII.
3. Selisih massa atom relatifnya antara dua unsur yang berurutan tidak teratur (antara -1 dan $+4$), sehingga sukar untuk meramal unsur-unsur yang belum ditemukan.

Tabel 5. Tabel Sistem Periodik Mendeleev

Periode	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V	Gol VI	Gol VII	Gol VIII
1	H 1							
2	Li 7	Be 9,4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
3	Na 23	Mg 24	Al 27,3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5	
4	K 39	Ca 40	? 45	Tc 50	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56 Co 59 Ni 59
	Cu 63,4	Zn 65,2	? 68	? 70	As 75	Se 79,4	Br 80	
5	Rb 85,4	Sr 87,6	Y (60)	Zr 90	Nb 94	Mo 96	? 100	Ru 104,4 Rh 104,4 Pd 106,6
	Ag 108	Cd 112	In (75,6)	Sn 118	Sb 122	Te 128	I 127	
6	Cs 133	Ba 137	?	La 180	Ta 182	W 186	Re ...	Os 199 Ir 198 Pt 197,4
	Au 197	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 210			

3. Golongan, Periode, dan Konfigurasi Elektron dalam Sistem Periodik Panjang

Henry Mosely melakukan percobaan menggunakan berbagai logam sebagai antikatoda pada tabung sinar X. Moseley menyimpulkan bahwa ada perubahan yang teratur dari energi sinar X sesuai dengan perubahan nomor atom dan bukan massa atom relatif. Dengan demikian hukum periodik menjadi:

"Sifat unsur-unsur merupakan fungsi periodik dari nomor atom"

Berikut kita pelajari Tabel Sistem Periodik sederhana, yaitu mulai nomor atom 1 (hidrogen) sampai nomor atom 20 (kalsium) seperti ditunjukkan gambar 16. Kedua puluh unsur ini termasuk **unsur-unsur utama** dan nomor golongannya dibubuhi huruf A. Tabel Sistem Periodik selengkapnya tertera di halaman 39, akan kita pelajari lebih lanjut di kelas II. Unsur-unsur yang terletak pada lajur tegak disebut **golongan**. Golongan-golongan diberi nomor I, II, III, dan seterusnya. Misalnya Golongan II terdiri dari unsur-unsur berilium, magnesium, dan kalsium. Unsur-unsur dalam deret mendatar disebut **periode**. Misalnya, delapan unsur-unsur mulai natrium sampai argon terletak dalam periode.

Perhatikan pula struktur elektron unsur-unsur dalam gambar 16. Unsur-unsur tersebut mempunyai pola yang sama. Dari litium sampai neon, banyaknya elektron pada kulit terluar bertambah dari periode 1 sampai 8. Kemudian terulang lagi pada periode berikutnya dari natrium pada periode 1 sampai argon pada periode 8.

Dalam setiap golongan, banyaknya elektron pada kulit terluar setiap unsur selalu sama sesuai nomor golongannya. Misalnya, fluor dan klor keduanya merupakan unsur-unsur yang terletak pada golongan VII, maka kedua unsur tersebut memiliki 7 elektron pada kulit terluarnya. Struktur elektron sangat penting untuk memahami sifat-sifat unsur pada Tabel Sistem Periodik.

Penggolongan Unsur																			
IA, IIA, seterusnya sistem Eropa																			
1, 2, 3, seterusnya sistem IUPAC																			
1											13	14	15	16	17	18			
IA											IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB			
1	2											3	4	5	6	7	8	9	10
H	He											B	C	N	O	F	Ne		
1,008	4,003											10,81	12,01	14,01	16,00	19,00	20,18		
3	4											13	14	15	16	17	18		
Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
6,941	9,012											26,98	28,09	30,97	32,06	35,45	39,95		
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
Na	Mg	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	VIIIA	VIIIA	IB	IIB								
22,99	24,31											26,98	28,09	30,97	32,06	35,45	39,95		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
39,10	40,08	44,96	47,88	50,94	52,00	54,94	55,85	58,93	58,70	63,55	65,38	69,72	72,59	74,92	78,96	79,90	83,80		
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
85,47	87,62	88,91	91,22	92,91	94,95	(98)	101,1	102,9	106,4	107,9	112,4	114,8	118,7	121,8	127,6	126,9	131,3		
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
132,9	137,3		178,5	180,9	183,9	186,2	190,2	192,2	195,1	197,0	200,6	204,4	207,2	209,0	(209)	(210)	(222)		
87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110										
Fr	Ra	Ac-Lr	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une	Uun										
(223)	(226)		(261)	(262)	(273)														

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
138,9	140,1	140,9	144,2	(145)	150,4	152,0	157,3	158,9	162,5	164,9	167,3	168,9	173,0	175,0
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
(227)	232,0	(231)	238,0	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(260)

Gambar 17. Sistem Periodik bentuk panjang

Unsur-unsur utama yang terdiri dari delapan golongan dikenal dengan nama-nama tertentu sebagai berikut (tabel 6)

Tabel 6. Nama Golongan Unsur Utama

Lambang Golongan	Nama Golongan	Elektron Valensi
IA	Golongan Alkali	1
IIA	Golongan Alkali Tanah	2
IIIA	Golongan Boron	3
IVA	Golongan Karbon	4
VA	Golongan Nitrogen	5
VIA	Golongan Oksigen	6
VIIA	Golongan Halogen	7
VIIIA atau 0	Golongan Gas Mulia	8

4. Sifat Keperiodikan Unsur

Yang dimaksud dengan sifat-sifat periodik ialah bahwa ada hubungan antara sifat-sifat suatu unsur dengan letaknya pada Tabel Sistem Periodik. Sifat-sifat ini berubah dan berulang secara periodik, sesuai dengan perubahan nomor atom dan konfigurasi elektron. Berikut kita bahas tentang: jari-jari atom, energi ionisasi, afinitas elektron, keelektronegatifan, dan kelogaman.

a. Jari-jari atom

Jari-jari atom adalah jarak dari inti atom sampai ke elektron pada kulit terluar. Dikenal pula jari-jari ion positif dan jari-jari ion negatif.

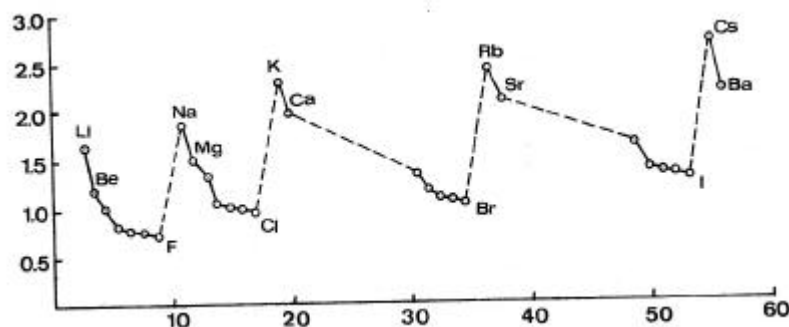
Untuk unsur-unsur segolongan:

Jari-jari atom makin ke bawah makin besar. Karena jumlah kulit yang dimiliki atom semakin banyak, maka kulit terluar semakin jauh dari inti atom.

Untuk unsur-unsur seperiode:

Jari-jari atom semakin pendek dari kiri ke kanan. Sekalipun jumlah kulitnya sama, tetapi banyaknya proton bertambah sehingga elektron-elektron terluar tertarik lebih dekat ke arah inti.

Hubungan antara nomor atom dengan jari-jari atom digambarkan dalam grafik berikut (gambar 8).



Gambar 18. Hubungan nomor atom dengan jari-jari atom

Jari-jari ion positif:

Jika suatu atom melepaskan elektron sehingga terbentuk ion positif (*kation*),



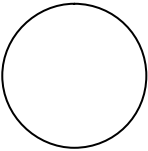
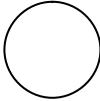




Pada kation jumlah proton lebih banyak daripada elektron dan mempunyai konfigurasi elektron yang stabil seperti pada gas mulia.

Tabel 7. Perbandingan atom dan kationnya

	Atom Na	Ion Na ⁺	Atom Mg	Ion Mg ²⁺	Atom Al	Ion Al ³⁺
Jumlah proton	11	11	12	12	13	13
Jumlah elektron	11	10	12	10	13	10
Konfigurasi elektron	2. 8. 1	2. 8	2. 8. 2	2. 8	2. 8. 3	2. 8

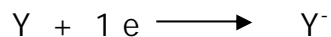
Jari-jari kation ini lebih kecil daripada jari-jari atomnya. Hal ini disebabkan lepasnya elektron terluar mengakibatkan kulitnya berkurang.

Tabel 8. Ukuran jari-jari atom dan kationnya

Atom	Na = 186 pm 	Mg = 140 pm 	Al = 126 pm 
Kation	Na ⁺ = 99 pm 	Mg ²⁺ = 66 pm 	Al ³⁺ = 51 pm 

Jari-jari ion negatif

Jika suatu atom menangkap elektron sehingga terbentuk ion negatif (*anion*),



Pada anion jumlah elektron lebih banyak daripada proton dan mempunyai konfigurasi elektron yang stabil seperti pada gas mulia.




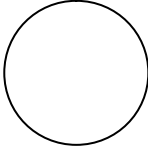
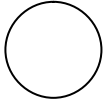

Tabel 9. Perbandingan atom dan anionnya

	Atom P	Ion P ³⁻	Atom S	Ion S ²⁻	Atom Cl	Ion Cl ³⁻
Jumlah proton	15	15	16	16	17	17
Jumlah elektron	15	18	16	18	17	18
Konfigurasi elektron	2. 8. 5	2. 8. 8	2. 8. 6	2. 8. 8	2. 8. 7	2. 8. 8

Jari-jari anion ini lebih besar daripada jari-jari atomnya.

Sebab tambahan elektron ini mengakibatkan terjadi tolak-menolak antar elektron di kulit terluar.

Tabel 10. Perbandingan jari-jari atom dan anionnya

Atom	P = 110 pm 	S = 102 pm 	Cl = 99 pm 
Anion	P ³⁻ = 212 pm 	S ²⁻ = 184 pm 	Cl ⁻ = 181 pm 

b. Energi ionisasi

Untuk melepas elektron terluar dari suatu atom dalam wujud gas diperlukan energi. Energi minimum yang diperlukan ini disebut *energi ionisasi pertama*.

Selain itu dikenal pula energi ionisasi kedua, ketiga, dan seterusnya. Energi ionisasi kedua, berarti energi minimum yang diperlukan untuk melepas elektron kedua dari suatu ion yang bermuatan +1. Besarnya energi ionisasi 20 unsur pertama tampak pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Harga Energi Ionisasi 20 Unsur Pertama (kJ. mol⁻¹)

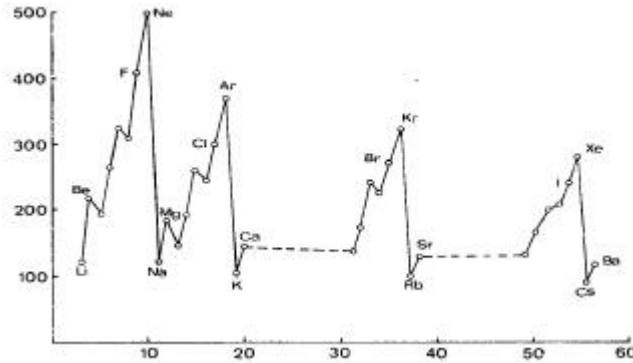
Unsur	1	2	3	4	5	6	7	8
H	1312							
He	2371	6247						
Li	520	7297	11810					
Be	900	1751	14840	21000				
B	800	2430	3659	25020	32810			
C	1088	2352	4619	6221	37800	47300		
N	1402	2857	4577	7473	9443	53250	63340	
O	1314	3391	5301	7468	10980	13320	71300	84050
F	1681	3375	6045	8418	11020	15160	17860	92000
Ne	2080	3963	6278	9376	12190	15230	-	-
Na	497	4565	6912	9540	13360	16610	20110	25490
Mg	738	1450	7732	10550	13620	18000	21700	25660
Al	577	1816	2744	11580	15030	18370	23290	27460
Si	786	1577	3229	4356	16080	19790	23780	29250
P	1012	1896	2910	4954	6272	21270	25410	29840
S	1000	2260	3380	4565	6996	8490	28080	31720
Cl	1256	2297	3850	5146	6544	9330	11020	33600
Ar	1520	2665	3947	5770	7240	8810	11970	13840
K	419	3069	4600	5879	7971	9619	11380	14950
Ca	589	1146	4941	6485	8142	10520	12350	13830

Secara umum disimpulkan, bahwa:

Semakin besar energi ionisasi, semakin sukar atom itu melepaskan elektron terluarnya. Jadi semakin stabil atom tersebut.

Energi ionisasi unsur-unsur dalam satu golongan dari atas ke bawah berkurang dan *dalam satu periode dari kiri ke kanan bertambah besar.*

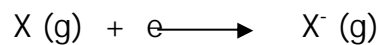
Gambar 19 berikut menunjukkan hubungan antara nomor atom dengan energi ionisasi pertama



Gambar 19. Hubungan Nomor Atom dengan Energi Ionisasi Pertama

c. Afinitas Elektron

Jika suatu atom dalam wujud gas menerima elektron, maka dilepaskan energi. Energi yang dilepas ini disebut **afinitas elektron**.



Masih banyak atom-atom yang belum diketahui harga afinitas elektronnya, karena penentuan harga afinitas elektron secara langsung sulit dilakukan. Secara umum disimpulkan, bahwa

Semakin besar harga afinitas elektron suatu atom, semakin mudah unsur tersebut membentuk ion negatif.

Unsur-unsur yang mudah membentuk ion negatif disebut unsur yang *elektronegatif*. Harga afinitas elektron kurang menunjukkan sifat keperiodikan, sehingga sering digunakan skala keelektronegatifan.

Akan tetapi secara umum dapat disimpulkan, bahwa:

Afinitas elektron unsur-unsur dalam satu golongan dari atas ke bawah berkurang dan dalam satu periode dari kiri ke kanan bertambah

d. Keelektronegatifan

Keelektronegatifan merupakan ukuran kemampuan suatu atom untuk menarik elektron dalam ikatannya. Besarnya harga keelektronegatifan bersifat relatif antara suatu atom dengan atom lain. Linus Pauling (1932) memberi harga tertinggi pada fluor (4) karena paling mudah membentuk ion negatif. Beberapa harga keelektronegatifan unsur-unsur utama disajikan dalam Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Harga Keelektronegatifan Beberapa Unsur Utama

H 2, 10						
Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0
Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
K 0,8	Ca 1,0	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8
Rb 0,8	Sr 1,0	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5
Cs 0,7	Ba 0,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2
Fr 0,7	Ra 0,9					

Dalam sistem periodik dapat disimpulkan:

Unsur-unsur dalam satu golongan dari atas ke bawah harga keelektronegatifannya berkurang.

Unsur-unsur dalam satu periode dari kiri ke kanan harga keelektronegatifannya semakin besar.

c. Rangkuman 2

- ? Tabel Sistem Periodik Unsur merupakan suatu cara untuk menyusun dan mengklasifikasi unsur-unsur, dimana unsur-unsur yang mirip sifatnya diletakkan pada kelompok yang sama.
- ? Lavoisier (1789) mengelompokkan unsur-unsur menjadi kelompok logam dan non-logam.
- ? *Hukum Triade* Johann W. Dobereiner (1817): Jika tiga unsur yang sama sifatnya disusun menurut bertambahnya massa atom relatifnya, maka massa atom relatif unsur yang kedua merupakan rata-rata massa atom relatif unsur pertama dan ketiga.
- ? *Hukum Oktaf* John Newlands (1865): Setiap unsur kedelapan mempunyai sifat yang mirip dengan unsur pertama.
- ? "*Telluric Screw*" Begeyer de Chancourtois: Jika unsur-unsur disusun menurut penurunan massa atom, diperoleh secara periodik unsur yang sifatnya mirip. Kurva dialurkan dari dasar silinder ke atas dengan sudut 45° .
- ? Sistem Periodik Pendek Julius Lothar Meyer (Jerman, 1870): Adanya hubungan keperiodikan antara sifat-sifat fisika unsur dengan massa atom relatif.
- ? Sistem Periodik Pendek Mendeleev (Rusia, 1869): Adanya hubungan keperiodikan antara sifat-sifat fisika dan kimia unsur dengan massa atom relatif. Tabel Sistem Periodik Mendeleev yang telah disempurnakan (1871) terdiri atas **golongan** (lajur tegak) dan **periode** (deret mendatar)
- ? Sistem Periodik Panjang Henry Mosely: "*Sifat unsur-unsur merupakan fungsi periodik dari nomor atom*". Nomor golongan = jumlah elektron valensi, Nomor periode = jumlah kulit.
- ? *Jari-jari atom* adalah jarak dari inti atom sampai ke elektron pada kulit terluar.
Dalam satu golongan: Jari-jari atom makin ke bawah makin besar.
Dalam satu periode: Jari-jari atom semakin pendek dari kiri ke kanan.

? *Energi ionisasi*: Energi yang diperlukan untuk melepas elektron terluar dari suatu atom dalam wujud gas.

Energi ionisasi unsur-unsur dalam satu golongan dari atas ke bawah berkurang.

Energi ionisasi dalam satu periode dari kiri ke kanan bertambah besar. Semakin besar energi ionisasi, semakin sukar atom itu melepaskan elektron terluarnya. Jadi semakin stabil atom tersebut.

? *Afinitas elektron*: Energi yang dilepas oleh suatu atom dalam wujud gas pada saat menerima elektron.

Semakin besar harga afinitas elektron suatu atom, semakin mudah unsur tersebut membentuk ion negatif.

Afinitas elektron unsur-unsur dalam satu golongan dari atas ke bawah berkurang dan dalam satu periode dari kiri ke kanan bertambah.

? *Keelektronegatifan* merupakan ukuran kemampuan suatu atom untuk menarik elektron dalam ikatannya.

Unsur-unsur dalam satu golongan dari atas ke bawah harga keelektro-negatifannya berkurang.

Unsur-unsur dalam satu periode dari kiri ke kanan harga keelektro-negatifannya semakin besar.

? Dalam satu golongan dari atas ke bawah sifat logam bertambah.

Dalam satu periode dari kiri ke kanan sifat logam berkurang.

d. Tugas 2

Soal Obyektif

1. Massa suatu unsur sangat ditentukan oleh banyaknya....
 - a. elektron dan netron
 - b. elektron dan proton
 - c. proton dan netron
 - d. proton dan nukleon
2. Nomor atom adalah bilangan yang menunjukkan jumlah

3. Suatu atom dengan massa 207 mempunyai nomor atom 82, mempunyai
- 82 neutron
 - 82 proton
 - 125 elektron
 - 207 proton
4. Atom uranium, ${}_{92}^{238}\text{U}$ mempunyai
- 92 proton dan 146 elektron
 - 92 neutron dan 238 proton
 - 92 elektron dan 146 neutron
 - 92 proton dan 238 neutron
5. Elektron valensi unsur aluminium dengan notasi ${}_{13}^{27}\text{Al}$ adalah ...
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
6. Atom oksigen mempunyai nomor atom 8 dan massa 16. Oksigen dapat membentuk ion negatif O_2^- , maka konfigurasi elektron pada kulit-kulit ion tersebut adalah
- | | K | L | M |
|----|----------|----------|----------|
| a. | 2 | 4 | |
| b. | 2 | 6 | |
| c. | 2 | 6 | 2 |
| d. | 2 | 4 | 2 |
7. Tabel sistem periodik Mendelejev disusun berdasarkan
- massa atom
 - sifat kelogaman
 - nomor atom
 - sifat kimia
8. Unsur fluor dengan nomor atom 9 dalam tabel sistem periodik terdapat pada
- golongan IA, periode 7

- b. golongan VIIA, periode 3
 - c. golongan IA, periode 2
 - d. golongan VIIA, periode 2
9. Unsur-unsur barium dan radium terdapat dalam golongan
- a. halogen
 - b. alkali
 - c. alkali tanah
 - d. gas mulia
10. Atom-atom yang mempunyai jumlah elektron pada kulit terluar sama adalah
- a. He, Ne, Ar
 - b. Na, Al, Mg
 - c. Mg, Be, Ca
 - d. N, O, P

Soal Subyektif

1. Dengan menggunakan data massa atom relatif dari Tabel Sistem Periodik (Tabel 5), tunjukkan ketidakbenaran dari *triade* Dobereiner.
2. Tunjukkan unsur-unsur yang memiliki kemiripan sifat menurut Newlands!
3. Apakah kesulitan yang kita temui, andaikata kita menggunakan Tabel Sistem Periodik bentuk "*Telluric Screw*" dari de Chancourtois?
4. Perhatikan Tabel Periodik Mendeleyev:
 - a. Unsur-unsur manakah yang menurut Anda tidak memiliki sifat yang mirip, tetapi dipaksakan termasuk dalam satu golongan?
 - b. Tuliskan pendapat Anda tentang periode 4, 5, dan 6 yang memiliki dua lajur. Apakah keberatan Anda?

e. Tes Formatif 2

1. Konfigurasi elektron litium, fluor, dan belerang adalah:

Litium, Li 2. 1
Fluor, F 2. 7
Belerang, S 2. 8. 6

Tuliskan rumus ion dan konfigurasi elektron setiap unsur tersebut.

2. Berikut disajikan Tabel Sistem Periodik sederhana. Sejumlah unsur yang ada dilambangkan A, B, C, dan seterusnya. Gunakan lambang tadi untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

							A
B			C			D	
E			G			H	

- (a) Unsur-unsur manakah yang merupakan
- 1) Segolongan dengan hidrogen
 - 2) Seperiode dengan karbon
- (b) Berapa banyaknya elektron terluar unsur G
- (c) Jika unsur G mempunyai 14 proton, berapakah nomor atom H?
- (d) Unsur manakah yang mempunyai konfigurasi elektron 2. 8. 2?
- (e) Unsur B dapat membentuk suatu ion
- 1) Prediksikan ion apa yang terbentuk.
 - 2) Unsur manakah yang memiliki konfigurasi elektron yang sama dengan ion ini?.
- (f) Bandingkan unsur B dan D, dalam hal apa konfigurasi elektronnya mempunyai:
- 1) perbedaan;
 - 2) kesamaan.
- (g) Bandingkan unsur B dan E, dalam hal apa konfigurasi elektronnya mempunyai:
- 1) perbedaan;
 - 2) kesamaan

3. Apakah unsur-unsur dengan nomor atom: 11, 12, 17, dan 19 termasuk golongan alkali? Jika tidak, termasuk golongan apa dan mengapa?

f. Kunci Jawaban Formatif 2

1. Li^+ 2; F 2. 8; S^{2-} 2. 8. 8
2. (a) 1) Unsur-unsur segolongan dengan hidrogen: B dan E
2) Unsur-unsur seperiode dengan karbon: B, C, dan D
- (b) 4
- (c) 17
- (d) satu nomor setelah unsur E
- (e) 1) ion B^+
2) unsur A
- (f) 1) berbeda konfigurasi elektron terluarnya
2) sama jumlah kulitnya
- (g) 1) berbeda jumlah kulitnya
2) sama konfigurasi elektron terluarnya
3. ${}_{11}\text{X}$ 2. 8. 1 termasuk golongan alkali
 ${}_{12}\text{Y}$ 2. 8. 2 termasuk golongan alkali tanah
 ${}_{17}\text{Z}$ 2. 8. 7 termasuk golongan halogen
 ${}_{19}\text{A}$ 2. 8. 8. 1 termasuk golongan alkali

BAB III. EVALUASI

A. Tes Tertulis

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

Kegiatan Belajar 1

1. Menurut Dalton, apakah arti senyawa dan reaksi kimia itu?
2. Menurut J. J. Thomson, bahwa atom mirip dengan roti kismis. Jelaskan?
3. Jelaskan pendapat Rutherford tentang atom?
4. Uraikan postulat Bohr tentang atom?

Kegiatan belajar 2

1. Lengkapilah tabel berikut dengan mengisi kolom yang masih kosong.

Unsur	Lambang	Jumlah Proton	Jumlah Elektron	Rumus Ion
Natrium	Na	11	10	Na
Kalsium	Ca	20	18	-
Brom	Br	35	36	-
Kalium	K	19	-	K ⁺
Aluminium	-	-	10	Al ³⁺

2. Manakah yang lebih panjang jari-jari atom/ion berikut?
 - a. ${}_{12}\text{Mg}$ dibanding ${}_{20}\text{Ca}$
 - b. ${}_{16}\text{S}$ dibanding ${}_{17}\text{Cl}$
 - c. ${}_{9}\text{F}^-$ dibanding ${}_{11}\text{Na}^+$
 - d. ${}_{19}\text{K}^+$ dibanding ${}_{17}\text{Cl}^-$
3. Perhatikan Gambar 19.
 - a. Unsur-unsur apa sajakah yang berada pada puncak grafik? Apakah artinya? Termasuk unsur-unsur golongan apakah?
 - b. Unsur-unsur apa sajakah yang berada pada bagian terendah dari grafik? Apakah artinya? Termasuk unsur-unsur golongan apakah?

- c. Jelaskan hubungan antara konfigurasi elektron dengan kestabilan unsur-unsur.
4. Perhatikan Tabel 12.
- a. Unsur apakah yang paling elektronegatif dan paling elektropositif?
 - b. Unsur-unsur apa sajakah dari periode kedua dan ketiga yang termasuk paling elektronegatif?

KUNCI JAWABAN

A. Tes Tertulis

Kegiatan Belajar 1

1. *Senyawa*: hasil penggabungan atom-atom yang tidak sama dengan perbandingan bobot yang proporsional dengan bobot atom yang bergabung itu. *Reaksi kimia*: penataulangan atom-atom dan tidak ada atom yang berubah akibat reaksi kimia.
2. Bahwa di dalam atom terdapat elektron-elektron yang tersebar secara merata dalam "bola" bermuatan positif, sehingga mirip roti kismis.
3. Atom disusun dari inti atom yang bermuatan positif dan elektron-elektron yang bermuatan negatif yang mengelilingi inti atom. Dalam atom yang netral, banyaknya inti atom yang bermuatan positif sama dengan banyaknya elektron.
4. Postulat Bohr tentang atom:
 - a. Elektron dalam suatu atom bergerak mengitari sekeliling inti pada orbit/tingkat energi tertentu.
 - b. Lebih jauh tingkat energi dari inti, maka lebih besar pula energinya.
 - c. Energi akan *diemisikan* bila elektron bergerak dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah.
 - d. Energi akan diabsorpsi bila elektron bergerak dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi.
 - e. Energi tidak diemisikan atau diabsorpsi secara pelan-pelan, tetapi dalam satuan/paket $h\nu$ (disebut kuantum).

Kegiatan Belajar 2

1. Lengkapilah tabel berikut dengan mengisi kolom yang masih kosong.

Unsur	Lambang	Jumlah Proton	Jumlah Elektron	Rumus Ion
Natrium	Na	11	10	Na
Kalsium	Ca	20	18	Ca²⁺
Brom	Br	35	36	Br⁻
Kalium	K	19	18	K ⁺
Aluminium	(a) Al	13	10	Al ³⁺

2. Panjang jari-jari atom/ion berikut:



3. Gambar 19.

a. Unsur-unsur golongan gas mulia: Ne, Ar, Kr, dan Xe sulit membentuk ion positif.

b. Unsur-unsur golongan alkali: Li, Na, K, Rb, dan Cs sangat mudah melepas elektron untuk membentuk ion positif.

c. Unsur-unsur akan stabil bila konfigurasi elektronnya seperti gas mulia.

4. Tabel 12.

a. Unsur F paling elektronegatif dan unsur Fr paling elektropositif.

b. Unsur-unsur F dan Cl.

KRITERIA PENILAIAN

No Butir Soal	Skor Maksimum	Skor Perolehan
<i>Kegiatan Belajar 1</i>		
1	10	
2	5	
3	15	
4	20	
<i>Kegiatan Belajar 2</i>		
1	10	
2	15	
3	15	
4	10	
Total Skor	100	

BAB IV. PENUTUP

Setelah Anda menyelesaikan modul ini, Anda berhak untuk mengikuti tes untuk menguji kompetensi yang telah Anda pelajari. Apabila Anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari evaluasi dalam modul ini, maka Anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya.

Jika Anda sudah merasa menguasai modul, mintalah guru/instruktur Anda untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan oleh pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang kompeten apabila Anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila Anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi yang disediakan dalam modul ini, maka hasil yang berupa nilai dari guru/instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Dan selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan apabila memenuhi syarat Anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Brady, James and Humiston, 1986. *General Chemistry 4/E Principle and Structure, SI Version*. New York: John Wiley & Sons.

Petruci, Ralph. dan H Suminar, 1989. *Kimia dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 3 , Edisi keempat*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Petruci, Ralph. dan H Suminar, 1989. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 1 , Edisi keempat*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Smoot, Robert C. et al. , 1989. *Merrill Chemistry*. New York: Glencoe Macmillan/ Mcgraw-Hill.

Briggs, JGR, 2002. *Chemistry Insights*. Singapore: Pearson Education Pte Ltd.

Briggs, JGR, 2002. *Science in Focus Chemistry for GCE 'O' Level*. Singapore: Pearson Education Pte Ltd.