

PENEMPATAN La (dan Ac) SERTA Lu (dan Lr) DALAM SISITEM PERIODIK UNSUR

oleh

Heru Pratomo Al.

Abstrak

Sistem Periodik Unsur adalah suatu bentuk pengelompokan unsur-unsur secara sistematis, berdasarkan kemiripan sifat unsur-unsur tersebut sehingga mudah untuk dipelajari. Suatu unsur dalam Sistem Periodik Unsur kedudukannya dinyatakan dengan menyebutkan blok, golongan serta periodenya.

Sampai saat ini unsur La dan Ac dalam Sistem Periodik Unsur banyak diletakkan pada golongan IIIB di bawah deret Lantanida serta Aktinida.

Berdasarkan kemiripan sifat-sifat yang ada sebenarnya unsur Lu dan Lr lebih sesuai untuk diletakkan pada golongan IIIB di bawah unsur Sc dan Y. Sifat-sifat tersebut, antara lain : jari-jari atom, potensial ionisasi, titik leleh, keelektronegatifan, struktur kristal, dan sifat super konduktivitasnya. Sedangkan La dan Lc lebih cepat bila ditempatkan sebagai anggota pertama dari deret Lantanida dan aktinida.

LATAR BELAKANG

Pendahuluan

Pada Sistem Periodik Unsur (SPU) bentuk panjang, lantanum (La) dan aktinium (Ac) ditempatkan pada golongan IIIB, satu golongan dengan scandium (Sc) dan Ytrium (Y). Sementara itu lutetium (Lu) dan Lawrensium (Lr) ditempatkan sebagai anggota terakhir dalam deret Lantanida dan Aktinida.

Unsur-unsur dalam satu golongan pada SPU penempatannya didasarkan atas persamaan jumlah elektron valensinya. Namun demikian bila dicermati berdasarkan aturan pengisian elektron sesuai aturan aufbau, sebenarnya terdapat perbedaan yang sangat mendasar dalam hal susunan elektronnya, antara La (dan Ac) jika dibandingkan dengan Sc dan Y. Justru susunan elektron Lu (dan Lr) yang lebih mirip dengan Sc dan Y.

Permasalahan

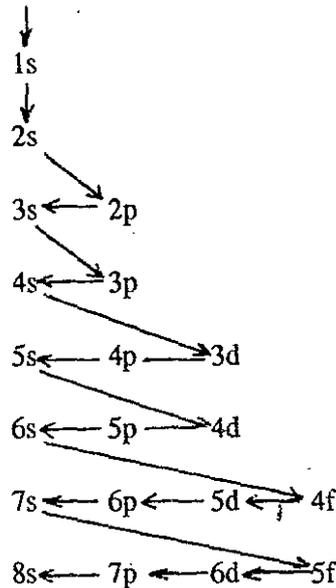
Konfigurasi elektron La (dan Ac) serta Lu (dan Lr) bila dibandingkan dengan konfigurasi elektron Sc dan Y ternyata memiliki kemiripan. Semua unsur tersebut elektron terakhirnya menempati $(n-1)d_1$, sehingga menjadikan suatu problema dalam hal penempatannya dalam satu golongan pada SPU. Namun demikian penempatan unsur dalam satu golongan tidak semata-mata berdasarkan susunan elektronnya, khususnya elektron valensinya, tetapi juga memperhatikan kemiripan sifat-sifat lain yang dimiliki oleh unsur-unsur tersebut.

Berdasarkan uraian di atas maka permasalahan yang akan di bahas dalam penulisan ini dapat dirumuskan sebagai : dimanakah seharusnya La (dan Ac) serta Lu (dan Lr) ditempatkan dalam Sistem Periodik Unsur ?

KAJIAN PUSTAKA

Bagian-bagian Sistem Periodik Unsur

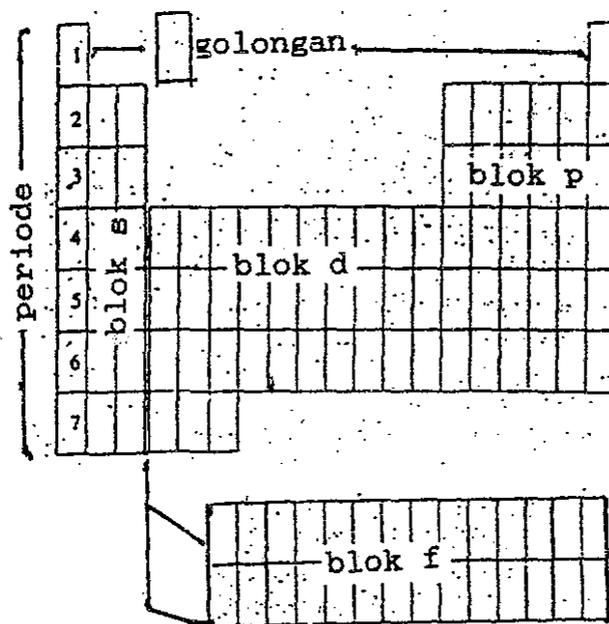
Sistem Periodik Unsur (SPU) bentuk panjang terbagi atas golongan dan perioda. Ada dua golongan penting dalam Sistem Periodik Unsur, yaitu golongan utama (A) dan golongan (B), yang masing-masing terdiri dari IA sampai dengan VIIIA dan IB sampai dengan VIIB ditambah golongan VIII (Brady, 1990). Golongan adalah lajur vertikal, sedangkan periode adalah lajur horizontal. Penempatan unsur dalam satu golongan didasarkan atas kemiripan sifat, yang terutama disebabkan karena persamaan jumlah elektron valensinya. Unsur-unsur transisi (unsur golongan B) semuanya mempunyai elektron valensi 2, sehingga penempatan unsur dalam satu golongan disamping memperhatikan elektron valensinya, juga harus memperhatikan elektron terakhir yang mengisi suatu sub kulit (orbital), yaitu elektron yang menempati tingkat energi tertinggi menurut aturan aufbau. Aturan aufbau mengatakan bahwa elektron akan menempati orbital-orbital yang tingkat energinya lebih rendah dahulu sebelum menempati orbital yang energinya lebih tinggi. Secara diagramatis urutan seperti gambar 1.



Gambar 1. Urutan pengisian elektron dalam orbital

Periode adalah lajur horizontal dalam Sistem Periodik Unsur. Sistem Periodik Unsur terdiri atas 7 periode. Kedudukan suatu unsur dalam periode ditentukan oleh bilangan kuantum utama (n) terbesar yang dimiliki oleh elektron-elektron daripada unsur tersebut.

Selain daripada golongan dan periode, Sistem Periodik Unsur juga terdiri dari beberapa golongan blok, yaitu blok s, blok p, blok d, dan blok f. Pembagian suatu unsur ke dalam blok didasarkan atas elektron terakhir yang menempati tingkat tertinggi, yang seringkali dikatakan sebagai elektron yang terakhir kali mengisi suatu orbital. Bila elektron terakhir suatu unsur X menempati orbital p, maka unsur X menempati blok p dalam Sistem Periodik Unsur. Unsur blok pada blok s dan blok p termasuk unsur golongan utama, sementara unsur yang menempati blok f adalah unsur transisi dalam, Unsur transisi dalam terdiri dari dua deret, yaitu deret Lantanida dan deret Aktanida.



Gambar 2. Pembagian blok dalam SPU bentuk panjang.

Kedudukan Unsur dalam SPU

Kedudukan suatu unsur dalam SPU, dinyatakan dengan menentukan periode, golongan serta bloknya. Untuk dapat menentukan suatu unsur dalam SPU harus ditentukan dahulu konfigurasi elektronnya.

Sebagai contoh :

1. ${}_{16}\text{S} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ atau $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$
Melihat konfigurasi elektron tersebut, ternyata bahwa elektron terakhir menempati orbital p (3p), jumlah elektronvalensinya ada 6 (yaitu 2 pada 3 ditambah 4 pada 3p), dan elektron valensi tersebut berada pada orbital yang bilangan kuantum utamanya $n = 3$ (3p). Jadi unsur S dalam SPU terletak pada blok p, golongan VIA, dan periode 3.
2. ${}_{37}\text{Rb} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1$ atau $[\text{Kr}] 5s^1$
Dengan melihat cara yang sama dapat ditentukan, unsur Rb dalam SPU terletak pada blok s, golongan IA, periode 5.
3. ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^1 5p^6 6s^2 4f^4$ atau $[\text{Xe}] 6s^2 4f^4$. Dengan cara yang sama dapat ditentukan, unsur Nd dalam SPU terletak pada blok f, golongan IIIB (transial dalam), periode 6.
4. ${}_{60}\text{Nd} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^4$ atau $[\text{Xe}] 6s^2 4f^4$. Dengan cara yang sama dapat ditentukan, unsur Nd dalam SPU terletak pada blok f, golongan IIIB (transisi dalam), periode 6.

Keempat contoh diatas sesuai penempatannya dalam SPU yang selama ini banyak dikenal. Tetapi bagaimanakah dengan contoh berikut ini, untuk ${}_{57}\text{La}$. Menurut aturan aufbau, konfigurasi elektron ${}_{57}\text{La}$ adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 5p^6 6s^2 4f^1$. Maka semestinya unsur ${}_{57}\text{La}$ terletak pada golongan IIIB (transisi dalam), periode 6 dan blok f. Dalam SPU yang saat ni banyak dikenal, La diletakkan di bawah konfigurasi sesungguhnya yaitu $[\text{Xe}] 6s^2 5d^1$. Hal yang sama terjadi untuk ${}_{89}\text{Ac}$.

Selanjutnya untuk unsur ${}_{71}\text{Lu}$ yang mempunyai konfigurasi $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^1$ atau $[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^1$.

Maka unsur Lu dalam SPU mestinya terletak pada golongan IIIB, periode 6 dan blok d.

PEMBAHASAN

Nyata sekali bahwa penempatan mana di antara La (dan Ac) ataukah Lu (dan Lr) yang lebih tepat diletakkan di bawah Sc dan Y masih merupakan problema. Namun demikian berdasarkan uraian di atas penempatan Lu (dan Lr) di bawah Sc dan Y kiranya lebih dapat diterima, sehingga kedudukan unsur-unsur dalam SPU menjadi seperti gambar 3.

Melihat gambar 3, tampak bahwa unsur lantanum (La) merupakan unsur pertama dalam deret Lantanida dan unsur aktinium (Ac) merupakan unsur pertama dalam deret Actinida. Sementara itu Yb (ytterbium) merupakan anggota terakhir dari deret Lantanida dan unsur nobelium (No) merupakan anggota terakhir dari deret Actinida. Selanjutnya unsur lutetium (Lu) dan Lawrensium (Lr) berada di bawah unsur Sc dan Y, pada golongan yang sama, sebagai unsur pertama pada blok d masing-masing dalam perioda 6 dan perioda 7.

		VIIA(0)																	
		1, 0, 0, 1																	
		IA IIA												III A IVA VA VIA VIIA		2			
PERIODE		3	4											5	6	7	8	9	10
2		Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
		6.939	9.012											10.811	12.011	14.007	15.999	18.998	20.180
3		Na	Mg	III B	IV B	V B	VII B VIII		VIII		IB	II B	13	14	15	16	17	18	
		22.990	24.312										26.982	28.086	30.974	32.054	35.453	39.948	
4		K	Ca	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		39.102	40.08	44.956	47.88	50.942	51.996	54.938	55.847	58.933	58.71	63.54	65.37	69.72	72.04	74.922	78.96	79.904	83.80
5		Rb	Sr	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
		85.47	87.62	88.906	91.22	92.906	95.94	97.90	101.07	102.91	106.4	107.870	112.40	114.82	118.69	121.75	127.60	126.90	131.29
6		Cs	Ba	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
		132.91	137.3	174.97	178.49	186.15	187.85	188.8	190.2	192.2	193.04	195.07	198.90	204.37	207.19	208.98	210	210	222
7		Fr ^a	Ra ^a	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
		[223]	[226]	[261]	[264]														

deret Lantanida													
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
La	Ce	Pr	Nd	Pm ^a	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
138.91	140.12	140.91	144.24	[147]	150.35	151.96	157.25	158.92	162.50	164.93	167.27	173.04	
deret Aktinida													
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
Ac ^a	Th ^a	Pa ^a	U ^a	Np ^a	Pu ^a	Am ^a	Cm ^a	Bk ^a	Cf ^a	Es ^a	Fm ^a	Md ^a	No ^a
227	232.04	231	238.03	[237]	[244]	243	247	247	251	252	257	258	259

Gambar 3. Kedudukan unsur-unsur dalam SPU bentuk panjang

Alasan penempatan tersebut didukung oleh beberapa bukti yang diuraikan di bawah ini. Pengamatan secara spektroskopi terhadap unsur-unsur tanah jarang, menunjukkan bahwa atom-atomnya dalam keadaan *groun state* mempunyai konfigurasi elektron sebagai : [Gas mulia] $(n-2)f^{x-1} (n-1)d^1 ns^2$. Hal itu tentu saja diasumsikan sebagai konfigurasi elektron yang ideal untuk unsur-unsur blok f secara umum (Moeller, 1961).

Demikian halnya untuk Yb, konfigurasi elektronnya adalah : [Xe] $4f^{13} 5d^1 6s^2$ dan Lu adalah [e] $4f^{14} 5d^1 6s^2$ pada keadaan *ground state*, menghasilkan suatu perbedaan konfigurasi elektron pada 4f, sehingga Lu diletakkan sebagai anggota terakhir dari blok f periode 6. Dilain pihak, $_{56}\text{Ba}$ mempunyai konfigurasi elektron [Xe] $6s^2$ dan $_{57}\text{La}$ mempunyai konfigurasi elektron [Xe] $5d^1 6s^2$ yang berbeda pada elektron 5d sehingga La ditempatkan di bawah Sc dan Y, golongan IIIB sehingga unsur pertama pada blok d periode 6. Kenyataann ini dapat dimaklumi sebagai analog daripada anggota golongan IIIB pada periode sebelumnya, yaitu, Sc : [Ar] $3d^1 4s^2$ dan Y : [Ar] $3d^1 4s^2$ dan Y : [Kr] $4d^1 5s^2$.

Penyelidikan secara spektroskopik selanjutnya, berhasil menentukan konfigurasi elektron yang berbeda dengan yang telah diusulkan semula (Jensen, 1982). Hanya tiga diantara unsur-unsur tanah jarang pada periode 6 (yaitu : La, Gd, dan Lu_ yang memiliki konfigurasi elektron dalam keadaan *groun state* sebagai [Xe] $4f^{x-1} 5d^1 6s^2$, sedangkan yang lainnya memiliki konfigurasi elctron dalam keadaan *groun state* sebagai [XE] $4f^x 6s^2$. Dan pada periode 7 hanya ada 6 unsur (yaitu : Ac, Pa, U, Np, Cm, dan Lr), yang mempunyai konfigurasi elektron sebagai [Rn] $5f^{x-1} 6d^1 7s^2$. Thorium mempunyai konfigurasi elektron sebagai [Rn] $6d^2 7s^2$, sedangkan unsur lainnya mempunyai konfigurasi elektron sebagai [Rn] $5f^x 7s^2$. Kenyataan tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi elektron unsur-unsur blok f dalam keadaan *groun state* lebih sesuai dengan [Gas mulia] $(n-2)^x ns^2$, dari pada [Gas mulia] $(n-2)f^{x-1} (n-1)d^1 ns^2$. Jadi konfigurasi elektron [Gas mulia] $(n-2)f^x ns^2$ adalah konfigurasi elektron untuk mempunyai konfigurasi elektron [Gas mulia] $(n-2)f^{14}$, sedangkan Lu dan Lr konfigurasi elektronnya [Gas mulia $(n-2)f^{14} (n-1)d^1 nsPT2PT$. Jadi perbedaan konfigurasi elektronnya terletak pada sub kulit d, bukan pada sub kulit f, akibatnya Lu dan Lr lebih sesuai untuk ditempatkan sebagai anggota pertama dari unsur-unsur blok d pada periode 6 dan periode 7.

Di lain pihak, konfigurasi elektron unsur Th adalah $[Rn] 6d^2 7s^2$, merupakan suatu perkecualian dari pada aturan aufbau karena ternyata tak ada yang menyangsikan bahwa Th (thorium) adalah anggota blok f dari deret Actinida. Hal ini sangat mendukung bahwa La dan Ac merupakan anggota blok f dengan konfigurasi elektron yang tidak umum, menyimpang dari pada bentuk baku sebagai [Gas mulia] $(n-2)f^2ns^2$. Dengan kata lain, La dan Ac haruslah merupakan anggota pertama dari blok f, pada perioda 6 dan perioda 7 dan bukan Ce dan Th. Selanjutnya Yb dan No harus menjadi anggota terakhir dari blok f, dan bukan Lu dan Lr. Dan akhirnya Lu dan Lr harus merupakan unsur pertama dari blok d pada perioda 6 dan perioda 7, menempati golongan IIIB dibawah Sc dan Y.

Alasab bahwa konfigurasi elektron La dan Ac lebih sesuai dengan Sc dan Y daripada konfigurasi elektron Lu dan Lr sangat menyedatkan. konfigurasi elektron harus memiliki kesesuaian yang sama, baik dalam satu perioda maupun memiliki kesesuaian yang sama, baik dalam elektron harus memiliki kesesuaian yang sama, baik dalam perioda maupun golongan . Itulah maka konfigurasi elektron kesembilan unsur anggota blok d yang lain pada perioda 6 (Hf-Hg) semuanya memiliki sub kulit f yang penuh berisikan elektron, sebagai $[Xe] 4f^{14}$ seperti Lu dan tidak seperti La.

Lebih jelas lagi pada penempatan unsur-unsur blok d di bawah unsur-unsur Ti sampai Zn, semuanya mempunyai subkulit f yang berisi elektron penuh (f^{14}). Dengan kata lain jika dianalogkan berdasarkan kecenderungan konfigurasi elektronnya, delapan belas unsur dari Ti-Zn dan Zr-Cd mendukung penempatan Lu dan Lr pada golongan IIIB di bawah Sc dan Y, Sifat-sifat lain seperti jari-jari atom, potensial ionisasi, titik leleh, dan keelektronegatifan sangat mendukung penempatan Lu dan Lr di bawah Sc dan Y selaras dengan unsur-unsur lain dalam satu golongan pada blok d.

Luder (1970) telah mengusulkan penempatan Lu dan Lr pada golongan IIIB di bawah Sc dan Y, tetapi belum, banyak mendapatkan perhatian. Pengusulan itu didasari oleh kesimpulan yang dikemukakan oleh Chrystyakov (1968) terhadap kecenderungan sifat-sifat periodik, yang meliputi potensial ionisasi dan jari-jari atom. Juga dapat ditambahkan keelektronegatifan, struktur kristal oksidanya, sifat super kondukti-

vitanya, serta kristal oksidanya, sifat konduktivitasnya, serta strukturpo-
 ta konduktivitasnya sebagaimana telah diselidiki dengan sinar X (Jensen,
 1982).

Jari-jari atom (Å)	potensial ionisasi (eV)	titik leleh (K)	skala keelektronegatif
Sc 1.570 — Y 1.693 — La 1.915 versus	Sc 19.45 — Y 18.67 — La 17.04 versus	Sc 1812 — Y 1803 — La 1193 versus	Sc 1.20 — Y 1.11 — La 1.08 versus
Sc 1.570 — Y 1.693 — Lu 1.553 versus	Sc 19.45 — Y 18.61 — Lu 20.85 versus	Sc 1812 — Y 1803 — Lu 1925 versus	Sc 1.20 — Y 1.11 — Lu 1.14 versus
Ti 1.477 — Zr 1.593 — Hf 1.476 versus	Ti 20.40 — Zr 19.78 — Hf 20.40 versus	Ti 1940 — Zr 3130 — Hf 2495 versus	Ti 1.32 — Zr 1.22 — Hf 1.23 versus
V 1.401 — Nb 1.589 — Ta 1.413 versus	V 20.34 — Nb 20.78 — Ta 23.90 versus	V 2198 — Nb 2741 — Ta 3253 versus	V 1.45 — Nb 1.33 — Ta 1.33 versus
Cr 1.453 — Mo 1.520 — W 1.360 versus	Cr 23.25 — Mo 22.85 — W 25.68 versus	Cr 2173 — Mo 2892 — W 3653 versus	Cr 1.56 — Mo 1.30 — W 1.40 versus
Mn 1.278 — Tc 1.391 — Re 1.310 versus	Mn 23.07 — Tc 22.19 — Re 24.47 versus	Mn 1517 — Tc 2473 — Re 3453 versus	Mn 1.70 — Tc 1.36 — Re 1.46 versus
Fe 1.227 — Ru 1.410 — Os 1.266 versus	Fe 24.08 — Ru 23.96 — Os 25.70 versus	Fe 1829 — Ru 2700 — Os 3290 versus	Fe 1.64 — Ru 1.42 — Os 1.52 versus
		Co 1768 — Rh 2233 — Ir 2727 versus	Co 1.70 — Rh 1.45 — Ir 1.56 versus
		Ni 1728 — Pd 1825 — Pt 2042 versus	Ni 1.75 — Pd 1.35 — Pt 1.44 versus

Tabel 1. Kecenderungan sifat unsur blok d (Jensen, 1982,636)

Semua sifat-sifat tadi semakin mendukung penempatan Lu dan Lr pada golongan IIIB di bawah Sc dan Y daripada La dan Ac.

Tabel 2. Beberapa sifat Sc dan Y dibandingkan dengan La dan Lu (Jensen, 1982 : 637)

Sifat	Sc	Y	Lu	La
1. Bilangan oksidasi tertinggi	+3	+3	+3	+3
2. Struktur kristal logam (suhu kamar)	hcp	hcp	hcp	double hcp
3. Struktur oksida (M_2O_3)	$\frac{2}{3}[AB_2/4]c$	$\frac{2}{3}[AB_2/4]c$	$\frac{2}{3}[AB_2/4]c$	heksagonal CN-7 $A-M_2O_3$
4. Struktur klorida	$\frac{2}{3}[AB_2/2]m$	$\frac{2}{3}[AB_2/2]m$	$\frac{2}{3}[AB_2/2]m$	$\frac{2}{3}[AB_2/3]h$
5. Keberadaan "low-lying nonhydrogenic" orbital f.	tiada	tiada	tiada	ada
6. Sifat superkonduktivitas.	tidak	tidak	tidak	ya (pada 4,9K)

KESIMPULAN

Di dalam mempelajari kimia, Sistem Periodik Unsur merupakan sesuatu yang perlu mendapatkan perhatian serius. Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan dengan didukung data-data yang juga telah dikemukakan, maka sudah selayaknya bila Sistem Periodik Unsur bentuk panjang seperti pada gambar 3 mulai dikenalkan. SPU tersebut menempatkan unsur La (dan Ac) sebagai unsur pertama dalam deret Lantanida (dan Aktinida) serta menempatkan Lu (dan Lr) pada golongan IIIB di bawah unsur Sc dan Y. Bila Sistem Periodik Unsur tadi digambarkan secara terpisah (deret Lantanida dan Aktinida), akan diperoleh bentuk Sistem Periodik Unsur seperti pada gambar 4, di bawah ini.

The diagram shows a standard periodic table with groups labeled IA through VIIIA and periods 1 through 7. The lanthanide series (La-Lu) and actinide series (Ac-Lr) are shown as two rows below the main table, connected by arrows from the positions of La and Ac. A box labeled "No. atom" points to the element Hydrogen (H) in the top-left corner.

Gambar 4. SPU dengan dua deret unsur transisi dalam
 pada perioda yang berkelanjutan .

DAFTAR PUSTAKA

- Brandy, Je. (1990). *general Chemistry*. New York : John Willey & Sons.
- Chrystyakov, VM.(1968). *Engl. Ed.*, 38 (2). 213.
- Jensen, Wb. (1982). *Journal of Chem. Ed.*, 59 (8), 634.
- Luder, WF. (1970). *Can. Chem. Ed*, 5(3), 13.
- Moeller,T. (1961) *the Rare Earth*. New York : John Willey & Sons.