

MAKALAH RADIOKIMIA

KESTABILAN INTI DAN ENERGI IKATAN INTI



OLEH:

KELOMPOK 4

Putri Rizca Mardeni (1505112149)

Durriah (1505112209)

Welly Attria Sary (1505112296)

Puja Ardila (1505112332)

Dosen Pengampu : Dr.H.R.Usman Rery,M.Pd

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
JURUSAN PMIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS RIAU
2017**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas terselesaikannya makalah yang berjudul “Kestabilan Inti Dan Energi Ikatan Inti”. Makalah yang masih perlu dikembangkan lebih jauh ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak, penulis tidak mungkin menyelesaikan penyusunan makalah ini, untuk itu ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif dari pihak pembaca.

Akhirnya kami sampaikan terima kasih serta mohon maaf yang sebesar-besarnya bila ada kesalahan kata maupun kalimat, dan semoga makalah ini bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Pekanbaru, 09 Maret 2017

Kelompok 4

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	2
DAFTAR ISI.....	3
BAB 1 PENDAHULUAN.....	4
1. Latar Belakang.....	4
2. Rumusan Masalah	4
3. Tujuan Penulisan.....	4
BAB 2 PEMBAHASAN	5
1. Pengertian Kestabilan Inti.....	5
2. Pola Peluruhan Untuk Mencapai Kestabilan Inti.....	5
3. Faktor Penentu Kestabilan Inti.....	6
4. Kurva Pita Kestabilan Inti.....	7
5. Energi Ikatan Inti.....	10
6 Teori Struktur Inti.....	14
BAB 3 PENUTUP.....	20
1. Kesimpulan.....	20
2. Saran.....	20
DAFTAR PUSTAKA.....	21

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Telah diketahui bahwa atom terdiri atas inti atom dan elektron-elektron yang beredar mengitarinya. Reaksi kimia biasa (seperti reaksi pembakaran), hanya menyangkut perubahan pada kulit atom, terutama elektron pada kulit terluar, sedangkan inti atom tidak berubah. Reaksi yang menyangkut perubahan pada inti disebut reaksi inti atau reaksi nuklir (nucleus = inti).

Reaksi nuklir ada yang terjadi secara spontan ataupun buatan. Reaksi nuklir spontan terjadi pada inti-inti atom yang tidak stabil. Zat yang mengandung inti tidak stabil ini disebut zat radioaktif. Adapun reaksi nuklir tidak spontan dapat terjadi pada inti yang stabil, maupun inti yang tidak stabil. Reaksi nuklir disertai perubahan energi berupa radiasi dan kalor. Berbagai jenis reaksi inti/nuklir disertai pembebasan kalor yang sangat dasyat, lebih besar dari reaksi kimia biasa. Peluruhan inti tersebut sangat bergantung pada kestabilan inti atom itu sendiri. Inti-inti yang tidak stabil (bersifat radioaktif) cenderung meluruh untuk menyesuaikan perbandingan neutron terhadap proton, agar sama dengan perbandingan pada pita kestabilan.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Apa yang dimaksud dengan kestabilan inti ?
- b. Apa saja yang mempengaruhi kestabilan inti ?
- c. Apa yang dimaksud dengan pita kestabilan ?
- d. Apa itu energi ikatan inti ?

1.3 Tujuan Penulisan

- a. Mengetahui tentang kestabilan inti
- b. Mengetahui faktor yang mempengaruhi kestabilan inti
- c. Mengetahui tentang pita kestabilan
- d. Mengetahui tentang energi ikatan inti

BAB II

PEMBAHASAN

2.1 Pengertian Kestabilan Inti

Inti menempati bagian yang sangat kecil dari volume suatu atom, tetapi mengandung sebagian besar massa dari atom karena baik proton maupun neutron berada didalamnya. Inti stabil adalah inti yang tidak dapat secara spontan meluruh atau berubah. Definisi kestabilan yang lebih mengkhhusus adalah kemampuan meluruh inti dengan jenis peluruhan tertentu. Dalam mengkaji stabilitas inti atom, ada baiknya kita mengetahui tentang kerapatannya, agar kita menyadari betapa rapatnya semua partikel itu dikemas. Sebagai contoh perhitungannya kita asumsikan bahwa suatu inti mempunyai jari-jari 5×10^{-3} pm pada massa 1×10^{-22} g. Angka-angka ini kira-kira sama dengan inti atom yang mengandung 30 proton dan 30 neutron. Kerapatan yang sangat tinggi dari inti membuat kita ingin tahu apa yang mengikat partikel-partikel tersebut begitu rapat. (Raymond Chang, 2003 : 259 - 260)

Dari interaksi elektrostatik diketahui bahwa muatan sejenis saling tolak dan muatan tak sejenis saling tarik. Tentu kita akan menduga bahwa proton-proton akan saling tolak sangat kuat (gaya Coloumb), terutama mengingat letak mereka yang begitu berdekatan. Dan memang demikianlah adanya. Namun selain tolakan, ada juga tarik-menarik jarak pendek antara proton dan proton, proton dengan neutron, dan neutron dengan neutron. Stabilitas semua inti ditentukan oleh selisih antara tolakan elektrostatik dan tarikan jarak pendek. Jika tolakan melampaui tarikan, inti terdisintegrasi (meluruh), memancarkan partikel dan/atau radiasi. Jika tarikan melampaui tolakan, inti menjadi stabil. (Raymond Chang, 2003 : 260)

2.2 Pola Peluruhan Untuk Mencapai Kestabilan Inti

Salah satu sifat menakjubkan dari beberapa inti atom adalah kemampuan mereka untuk bertransformasi sendiri secara spontan dari suatu inti dengan nilai Z dan N tertentu ke inti lainnya. Beberapa inti atom lainnya stabil, dalam arti mereka tidak meluruh ke inti atom yang berbeda. Biasanya, untuk tiap nilai A (nomor massa) terdapat satu atau dua inti stabil lainnya, dengan nilai A itu, tidaklah stabil sehingga akan mengalami semacam proses peluruhan, hingga kestabilannya tercapai. (Kenneth Krane, 1992 : 358)

Inti – inti tak stabil bertransformasi kedalam inti lain melalui dua proses peluruhan berbeda yang mengubah Z dan N sebuah inti. Berbagai keadaan eksitasi inti dapat memancarkan berbagai foton , sinar gamma, sewaktu melakukan sejumlah transisi menuju ketingkat dasarnya, tetapi tidak mengubah Z dan N inti tersebut, pola peluruhan ini disebut peluruhan gamma. Yang kedua yaitu pola peluruhan yang dapat mengubah Z atau N inti tersebut, proses ini disebut peluruhan alfa dan peluruhan beta. Ketiga proses peluruhan ini (alfa , beta , dan gamma) adalah contoh bidang kajian peluruhan radioaktif.

(Kenneth Krane.1992 : 359)

Unsur buatan- manusia setelah uranium dengan $Z = 93$ hingga 107 semuanya bersifat radioaktif, dan meluruh ke berbagai jenis inti stabil yang dikenal. Selain itu, inti dengan $A = 5$ atau 8 juga tidak stabil. Partikel alfa ${}^4_2\text{He}$ adalah suatu inti stabil. Inti atom dengan nomor massa (A) = 5 , misalnya adalah ${}^5_2\text{He}$ atau ${}^5_3\text{Li}$, akan dengan segera (dalam 10^{-21} s) membelah diri menjadi suatu partikel alfa dan sebuah neutron atau proton. Sebuah inti atom dengan $A = 8$ seperti ${}^8_4\text{Be}$ akan dengan segera membelah diri menjadi dua partikel alfa.

(Kenneth Krane.1992 : 359)

2.3 Faktor Penentu Kestabilan Inti

Faktor utama yang menentukan suatu inti satabil atau tidak ialah perbandingan neutron-terhadap-proton (n/p). Atorm stabil dari unsur yang mempunyai nomor atom rendah rendah, nilai n/p mendekati 1. Meningkatnya nomor atom, perbandingan neutron terhadap proton dari inti stabil menjadi lebih besar dari 1. Penyimpangan pada nomor-nomor atom yang lebih tinggi ini muncul karena dibutuhkan lebih banyak neutron untuk melawan kuatnya tolak-menolak pada proton-proton ini dan menstabilkan inti. Kestabilan inti tidak dapat di ramalkan, namun ada beberapa aturan berikut yang berguna dalam mempredeksi stabilitas inti adalah :

1. Inti yang mengandung 2, 8, 20, 50, 82, atau 126 proton atau neutron biasanya lebih stabil dibandingkan inti yang jumlah proton atau neutronnya dengan jumlah lainnya. Contohnya, ada 10 isotop stabil timah (Sn) dengan nomor atom 50 dan hanya 2 isotop stabil antimon (Sb) dengan nomor atom 51. Bilangan 2, 8, 20, 50, 82, dan 126 dinamakan bilangan ajaib (magic number). Pengaruh bilangan ini untuk stabilitas inti sama dengan banyaknya elektron untuk gas mulia yang sangat stabil (yaitu 2, 10, 18, 36, 54, dan 86 elektron).

2. Inti dengan bilangan genap proton dan neutron biasanya lebih stabil dibandingkan apabila keduanya memiliki bilangan yang ganjil.

Jumlah Isotop Stabil dengan Bilangan Proton dan Neutron yang Genap dan Ganjil		
Proton	Neutron	Banyaknya Isotop Stabil
Ganjil	Ganjil	4
Ganjil	Genap	50
Genap	Ganjil	53
Genap	Genap	164

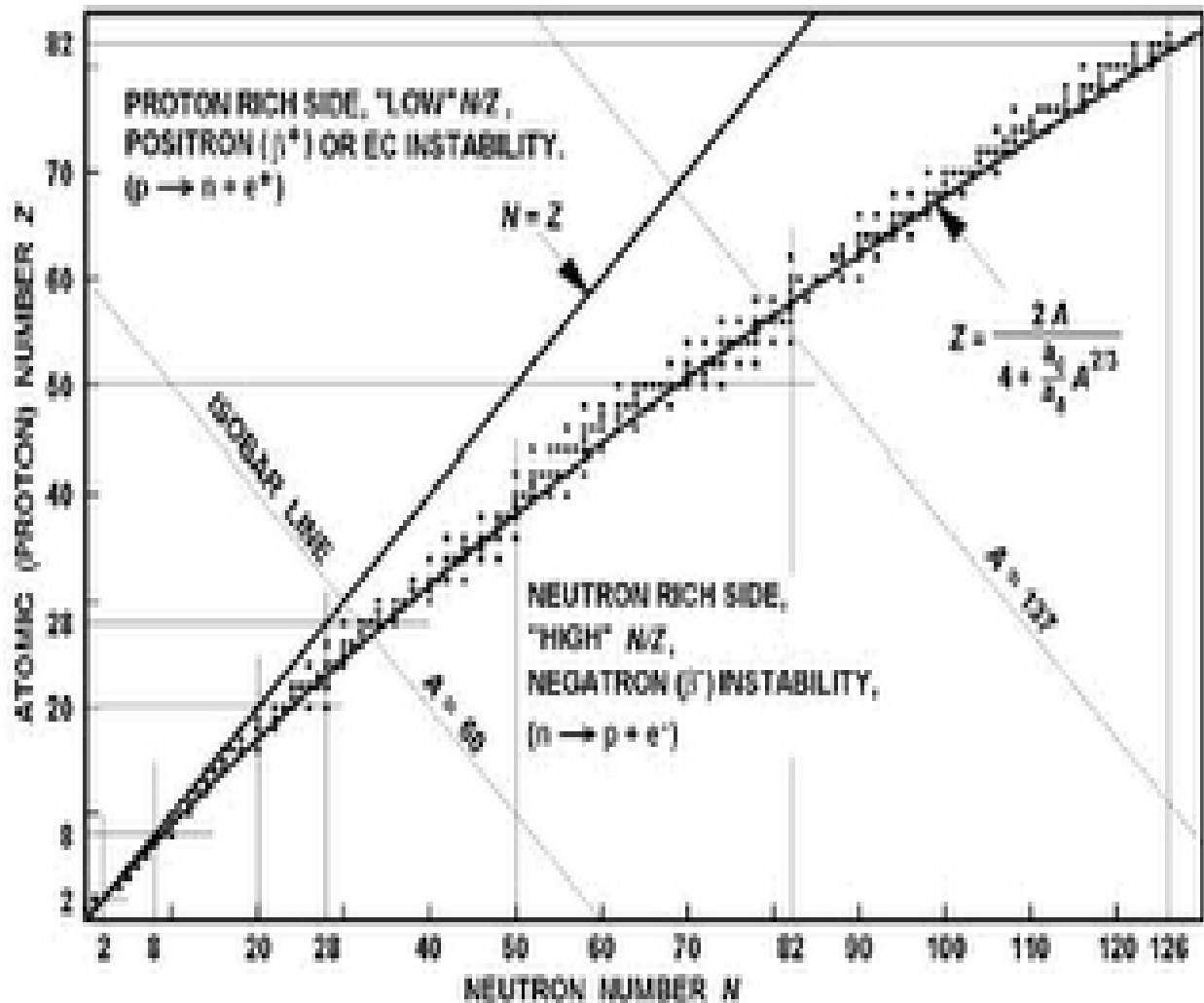
3. Semua isotop dari unsur-unsur dengan nomor atom lebih besar dari 83 bersifat radioaktif. Semua isotop teknitium (Tc, $Z = 43$) dan prometium (Pm, $Z=61$) adalah radioaktif. (Raymond Chang, 2003 : 260 - 261)

2.4 Kurva Pita Kestabilan

Inti-inti stabil terletak di suatu daerah pada grafik yang dikenal sebagai pita kestabilan (belt of stability). Grafik antara banyaknya neutron versus banyaknya proton dalam berbagai isotop disebut pita kestabilan yang menunjukkan inti-inti yang stabil. Pita kestabilan didapatkan dari nuklida-nuklida (inti-inti) stabil yang dihubungkan dan membentuk suatu pola. Jadi, isotop yang berada di luar pita kestabilan akan bersifat radioaktif. Inti-inti yang tidak stabil (bersifat radioaktif) cenderung meluruh untuk menyesuaikan perbandingan neutron terhadap proton, agar sama dengan perbandingan pada pita kestabilan.

(Hiskia Achmad.2001 : 191)

Pita kestabilan inti ini, hanya merupakan informasi untuk mengetahui kestabilan inti secara eksperimen. Berikut ini merupakan kurva pita kestabilan :



Cara membaca kurva pita kestabilan :

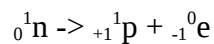
Misalnya kita ingin mengetahui kestabilan ^{22}Na dan ^{23}Na , kita tidak bisa hanya melihat jumlah proton dan neutron yang ada di dalam nuklida itu atau nilai angka bandingnya. Jika berpedoman pada jumlah proton dan neutron atau nilai angka bandingnya, maka kita akan terperangkap. Sebagai contoh berdasarkan angka banding jumlah proton dan neutron, ^{22}Na merupakan nuklida yang stabil karena angka banding proton terhadap neutronnya sama dengan satu, dan ^{23}Na merupakan nuklida tidak stabil. Kenyataannya (fakta empiris) menunjukkan bahwa garis kestabilan melalui ^{23}Na dan tidak melalui ^{22}Na . Jadi ^{23}Na stabil dan ^{22}Na tidak stabil dengan memancarkan radiasi β^+ karena berada di atas garis kestabilan.

1. Isotop Inti Ringan di Atas Pita Kestabilan

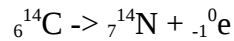
Untuk mencapai pita kestabilan, pada isotop dengan jumlah proton < 83 yang berada di atas pita kestabilan atau memiliki neutron lebih banyak daripada proton, dapat dilakukan dengan cara, yaitu.

a. Pemancaran Partikel Proton

Kelebihan neutron akan diubah menjadi proton agar stabil, seperti persamaan berikut:

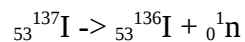


Contoh:



b. Pemancaran Partikel Neutron

Jika inti atom memancarkan partikel neutron, berarti terjadi pengurangan nomor massa, sedangkan nomor atom tetap. *Contoh:*



Proses ini jarang terjadi di alam.

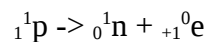
(Hiskia Ahmad, 2001; 186)

2. Isotop Inti Ringan di Bawah Pita Kestabilan

Isotop-isotop ini memiliki kecenderungan untuk mengurangi protonnya dengan cara sebagai berikut :

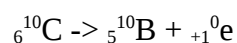
a. Pemancaran Partikel Positron

Pada pemancaran positron, proton berubah menjadi neutron, ditunjukkan oleh persamaan berikut.



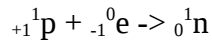
Pembebasan positron oleh sebuah inti atom akan menyebabkan nomor atom berkurang satu, tetapi nomor massa tetap.

Contoh:

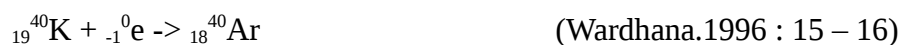
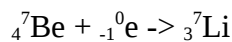


b. Penangkapan Partikel Elektron

Apabila inti menangkap elektron, umumnya ditangkap dari kulit elektron yang terdekat yaitu kulit K. Elektron tersebut akan bergabung dengan proton menjadi neutron.



Penangkapan elektron oleh inti atom akan menyebabkan nomor atom berkurang satu, tetapi nomor massa tetap.

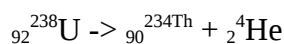


3. Nuklida di seberang pita kestabilan (Nuklida berat)

Nuklida yang memiliki terlalu banyak proton dan neutron (jumlah proton > 83) atau nuklida bermassa besar cenderung untuk melepaskan partikel α . Peristiwanya disebut peluruhan alfa.

Pemancaran sinar α oleh sebuah inti atom menyebabkan nomor atom berkurang dua dan nomor massa berkurang empat.

Contoh:



2.5. Energi Ikatan Inti

Satu ukuran kuantitatif dari stabilitas inti ialah energi ikatan inti (nuclear bonding energy), yaitu energi yang diperlukan untuk memecah inti menjadi komponen-komponennya, proton dan neutron. Kuantitas ini menyatakan konversi massa menjadi energi yang terjadi selama berlangsungnya reaksi inti eksotermik yang menghasilkan pembentukan inti.

Konsep energi ikatan inti berkembang dari kajian sifat-sifat inti yang menunjukkan bahwa massa inti selalu lebih rendah dibandingkan jumlah massa nukleon (proton dan neutron dalam inti). Misalnya, isotop ${}_{9}^{19}\text{F}$ mempunyai massa atom 18,9984 sma. Intinya mempunyai 9 proton dan 10 neutron dan dengan demikian totalnya 19 nukleon. Dengan

menggunakan massa atom 1_1H yang diketahui massa proton = 1,007825 sma dan neutron = 1,008665 sma, kita dapat melakukan analisis berikut :

$$\begin{aligned}\text{Massa 9 proton} &= 9 \times 1,007825 \text{ sma} \\ &= 9,070425 \text{ sma}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dan massa 10 neutron} &= 10 \times 1,008665 \text{ sma} \\ &= 10,08665 \text{ sma}\end{aligned}$$

$$\text{Jadi, massa atom dari atom } {}^{19}_9F = 9,070425 \text{ sma} + 10,08665 \text{ sma} = 19,15708 \text{ sma}$$

Terlihat bahwa nilai tersebut lebih besar dari pada massa terukur dari ${}^{19}_9F$ yaitu 18,9984 sma. Terdapat selisih sebanyak 0,1587 sma. (Raymond Chang.2003 : 262)

Selisih antara massa atom dan jumlah massa dari proton,neutron,dan elektron dinamakan cacat massa (mass defect/ Δm). Massa yang hilang ini merupakan ukuran energi pengikat neutron dan proton. (Hiskia Ahmad.2001:193)

Berdasarkan hubungan kesetaraan massa-energi Enstein ($E = mc^2$, dimana e adalah energi, m adalah massa, dan c adalah kecepatan cahaya), kita dapat menghitung kebanyakan energi yang dilepaskan. Kita mulai dengan menuliskan ;

$$\Delta E = (\Delta m)c^2$$

Dimana ΔE dan Δm adalah

$$\Delta E = \text{energi produk} - \text{energi reaktan}$$

$$\Delta m = \text{massa produk} - \text{massa reaktan} = \{Z \times M \text{ proton} + (A - Z) \times M \text{ neutron}\} - M \text{ inti}$$

Jadi, perubahan massanya yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta m &= (9 \times 1,007825 \text{ sma} + 10 \times 1,008665 \text{ sma}) - 19,15708 \text{ sma} \\ &= 18,9984 \text{ sma} - 19,15708 \text{ sma} \\ &= - 0,1587\end{aligned}$$

Karena ${}^{19}_9F$ mempunyai massa yang lebih kecil daripada massa yang dihitung dari banyaknya elektron dan nukleon yang ada, Δm menjadi bernilai negatif. Akibatnya, ΔE juga bernilai negatif, artinya energi dilepas ke sekeliling sebagai akibat pembentukan inti fluorin-19. Dengan demikian, kita menghitung ΔE sebagai berikut :

$$\Delta E = (-0,1587 \text{ sma})(3,00 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = -1,43 \times 10^{16} \text{ sma m}^2/\text{s}^2$$

Dengan faktor konversi

$$1 \text{ kg} = 6,022 \times 10^{26} \text{ sma}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$$

Kita dapatkan

$$\begin{aligned} \Delta E &= \left(-1,43 \times 10^{16} \frac{\text{sma m}^2}{\text{s}^2} \right) \times \left(\frac{1,00 \text{ kg}}{6,022 \times 10^{26} \text{ sma}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ J}}{1 \text{ Kg m}^2 \text{ m}^2} \right) \\ &= -2,37 \times 10^{-11} \text{ J} \end{aligned}$$

Ini merupakan banyaknya energi yang dilepas bila satu inti fluorin-19 dibentuk dari 9 proton dan 10 neutron. Energi ikatan inti dari inti ini ialah $2,37 \times 10^{-11} \text{ J}$, yaitu banyaknya energi yang diperlukan untuk menguraikan inti ini menjadi proton dan neutron yang terpisah.

Sebagaimana telah kita ketahui, energi ikatan inti merupakan penanda stabilitas inti. Namun, dalam membandingkan stabilitas dua inti, kita harus mempertimbangkan fakta bahwa mereka mempunyai jumlah nukleon yang berbeda. Dengan alasan ini akan lebih berguna jika kita menggunakan energi ikatan inti per nukleon, yang didefinisikan sebagai

$$\text{Energi ikatan inti per nukleon} = \frac{\text{energi ikatan inti}}{\text{banyaknya nukleon}}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk inti fluorin-19, Energi ikatan inti per nukleon} &= \frac{2,37 \times 10^{-11} \text{ J}}{19 \text{ nukleon}} = 1,25 \times 10^{-12} \\ &\text{J/nukleon} \end{aligned}$$

Energi ikatan inti per nukleon memungkinkan kita membandingkan stabilitas dari semua inti dengan basis yang sama. Energi ikatan per nukleon tertinggi dimiliki oleh unsur dengan nomor massa menengah-yaitu antara 40 - 100 dan yang terbesar adalah pada daerah unsur besi, kobalt, dan nikel (unsur Golongan 8B) dari tabel periodik. Ini berarti bahwa gaya

tarik bersih diantara partikel-partikelnya (proton dan neutron) adalah yang terbesar untuk inti tersebut. (Raymond Chang.2003 : 263)

Selain dalam satuan Joule, energi ikat inti juga dinyatakan dalam MeV, yang dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta E = (\Delta m) 931 \text{ MeV}$$

Contohnya :

Hitunglah energi ikat total per nukleon bagi ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ jika diketahui massa proton = 1,007825 sma dan massa neutron = 1,008665 sma , serta massa inti = 55,934939 sma.

Jawab :

$$\Delta m = (26 \times 1,007825 \text{ sma} + 30 \times 1,008665 \text{ sma}) - 55,934939 \text{ sma}$$

$$= (26,20345 \text{ sma} + 30,25995 \text{ sma}) - 55,934939 \text{ sma}$$

$$= 56,4634 \text{ sma} - 55,934939 \text{ sma}$$

$$= 0,528461 \text{ sma}$$

$$\Delta E = (\Delta m) 931 \text{ MeV}$$

$$= 0,528461 \text{ sma} \times 931 \text{ MeV}$$

$$= 491,997191 \text{ MeV}$$

$$\Delta E \text{ per nukleon} = \frac{\Delta E}{\text{jumlah nukleon}}$$

$$= \frac{491,997191 \text{ MeV}}{56}$$

$$= 8,7857 \text{ MeV/nukleon}$$

(Kenneth Krane.1992 : 353)

2.6 Teori Struktur Inti

a). Model/Teori Tetes Cairan

Pada tahun 1935, C.v. Weiszacker mengemukakan bahwa sifat-sifat inti yang berkaitan dengan ukuran geometris, massa dan energi ikatannya mirip dengan yang telah diketahui mengenai sebuah tetes cairan. Pada tetes cairan, kerapatannya konstan, ukurannya berbanding lurus dengan jumlah partikel atau molekul dalam tetesan, dan kalor uap atau energi ikatnya berbanding lurus dengan massa atau jumlah partikel yang membentuk tetesan.

Model tetes cairan bagi inti menghasilkan pernyataan berikut yang dikenal sebagai rumus massa semi-empiris, untuk ketergantungan massa sebuah inti pada A dan Z;

$$M = Zm_p + (A - Z)m_n - b_1A + b_2A^{2/3} + b_3Z^2A^{-1/3} + b_4(A - 2Z)^2A^{-1} + b_5A^{-3/4} \dots\dots (28.1)$$
Tetapan diatas ditentukan dari data eksperimental; nilai nilai (dalam satuan energi) yang diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} b_1 = 14,0 \text{ MeV} & b_3 = 0,58 \text{ MeV} \\ b_2 = 13,0 \text{ MeV} & b_4 = 19,3 \text{ MeV} \end{array}$$

dan b_5 diberikan menurut skema berikut:

A	Z	b_5
Genap	Genap	-33,5 MeV
Ganjil		0
Genap	Ganjil	+33,5 MeV

berbagai suku dalam persamaan (28.1) diperoleh melalui suatu deretan koreksi berurutan dengan cara sebagai berikut.

Dengan mengabaikan energi ikat, maka taksiran pertama massa inti-inti yang tersusun dari proton (Z) dan netron ($N = A - Z$) akan sama dengan $Zm_p + (A - Z)m_n$. Taksiran massa ini dikoreksi dengan memperhitungkan energi ikat nukleon-nukleon. Karena gaya inti adalah tarik menarik, maka energi ikat ini akan positif (diperlukan usaha positif untuk memisahkan nukleon nukleon), sehingga massa inti akan lebih kecil daripada jumlah massa nukleon-nukleon secara terpisah. Dari model tetes cairan, kalor uapnya (enegri ikat) akan berbanding lurus dengan jumlah nukleon A sehingga massa inti harus dikurangi b_1A ($b_1 > 0$).

Anggapan yang dibuat dalam koreksi pertama bahwa energi ikat per nukleon adalah b_1 , setara dengan menganggap bahwa semua nukleon dikelilingi oleh jumlah nukleon yang sama banyak. Ini tentu saja tidaklah benar bagi nukleon-nukleon pada permukaan inti, yang ikatannya lebih lemah. jadi terlalu banyak yang dikurangkan oleh koreksi pertama ini, sehingga suatu koreksi massa yang sebanding dengan luas permukaan inti, $b_2A^{2/3}$, harus

ditambahkan untuk memperhitungkan efek “permukaan” ini. Energi Coulomb positif antara proton proton, E_c (yang setara dengan energi ikat – E_c) menambah massa inti sebanyak E_c/c^2 .

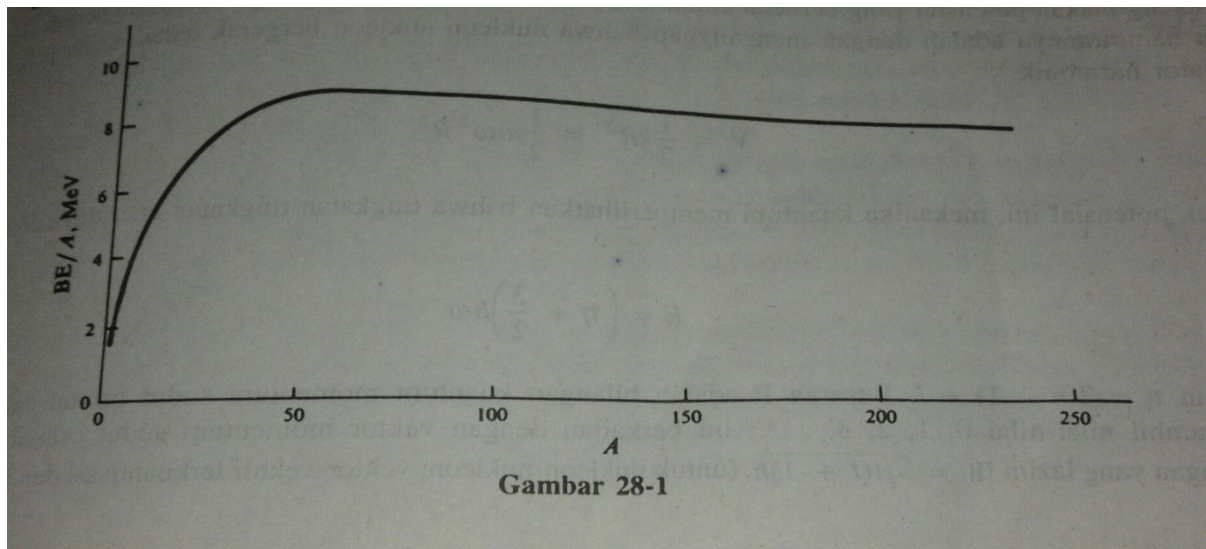
Hingga tahap ini, semua suku dalam pernyataan massa ini telah diperoleh dari analoginya dengan sebuah tetes cairan bermuatan yang tak termampatkan. Disamping itu, karena efek mekanika kuantum, maka dua suku tambahan biasanya ditambahkan sebagai berikut.

Diperoleh bahwa jika sebuah inti mengandung lebih banyak neutron daripada proton (atau sebaliknya), maka energinya dan dengan spin-spin yang berlawanan. Sebagai akibat dari efek ini, disimpulkan bahwa terdapat suatu energi pasangan yang perubahannya sebanding dengan $A^{-3/4}$ dan bertambah dengan jumlah nukleon-nukleon yang tak berpasangan. Jumlah ini ditentukan sebagai berikut:

A	Z	Jumlah nukleon yang tak berpasangan
Genap	Genap	0
Ganjil	Genap	1
Genap	Ganjil	2(1 neutron dan 1 proton)

Pernyataan suku energi pasangan ini dengan demikian memberi pernyataan akhir (28.1), bagi massa inti. Energi ikat rata rata per nukleon diperoleh dari (28.1) dengan mengambil selisih antara massa energi inti dan massa energi dari nukleon nukleon penyusunnya dan kemudian membagi hasilnya dengan jumlah nukleon:

$$\frac{EI}{A} = \frac{[Zm_p + (A-Z)m_n - M]c^2}{A} = b_1 - b_2 A^{-1/3} - b_3 Z^2 A^{-4/3} - b_4 (A - 2Z)^2 A^{-2} - b_5 A^{-7/4} \dots\dots(28.2)$$



(perlu diperhatikan bahwa EI/A tidaklah sama dengan energi yang diperlukan untuk mengambil satu nukleon dari sebuah inti tertentu). Grafik persamaan ini ditunjukkan pada gambar 28.1. tampak bahwa untuk A yang besar nilai EI/A hampir konstan pada energi 8 MeV.

Perlu ditekankan bahwa (28.1) atau (28.2) tidak memberikan nilai-nilai yang pasti tetapi hanya meramalkan nilai-nilai hampiran, dengan ketelitian yang berbeda untuk inti yang berbeda.

b). Model/ Teori Kulit Inti

Dalam model tetes cairan, nukleon-nukleon tidak diperlukan secara tersendiri, tetapi masing-masing efeknya dirata-ratakan terhadap seluruh inti. Model ini berhasil dalam menerangkan beberapa sifat inti seperti energi ikat per nukleon. Tetapi ternyata beberapa sifat inti lainnya seperti energi keadaan-keadaan tereksitasi dan momen-momen magnet, ternyata memerlukan suatu model mikroskopik yang turut memperhitungkan perilaku masing-masing nukleon.

Setelah data-data inti semakin bertambah banyak maka menjadi nyata bahwa terjadi perubahan menyolok dalam sifat-sifat inti pada inti dengan N atau Z sama dengan 2,8,20,28,50,82 atau 126, yang biasanya disebut “bilangan ajaib”. Pada bilangan bilangan ajaib ini, inti-inti diketahui stabil dan jumlahnya banyak sekali dan nukleon-nukleon terakhir yang mengisi penuh “kulit-kulit” ini memiliki energi ikat yang tinggi. Di samping itu, energi keadaan-keadaan eksitasi pertama diketahui lebih besar daripada inti yang tidak sesuai dengan jumlah bilangan ajaib. Sebagai contoh untuk timah dengan bilangan ajaib $Z = 50$, memiliki 10 buah isotop stabil (Z sama, tetapi A berbeda), dibutuhkan energi sekitar

11 MeV untuk membebaskan satu proton dan bahwa keadaan eksitasi pertama dari berbagai isotop genap genapnya (yakni, N dan Z kedua duanya genap) adalah sekitar 1,2 MeV diatas keadaan dasar. Sebaliknya bagi isotop-isotop tellurium dengan $Z = 52$, energi yang dibutuhkan untuk membebaskan satu proton sekitar 7 MeV dan bagi berbagai isotop genapnya, keadaan eksitasi pertamanya memiliki energi sekitar 0.60 MeV.

Kita mengingat kembali bahwa fluktuasi perilaku yang serupa juga teramati dalam atom-atom, pada saat elektron-elektron mengisi penuh berbagai kulit atom. Kemiripan perilaku ini memberi kesan bahwa beberapa sifat ini mungkin dapat diterangkan dengan *model kulit inti*.

Struktur kulit atom diperoleh lewat sejumlah hampiran berurutan. Pertama dianggap bahwa tingkat-tingkat energi suatu inti bermuatan Ze terisi secara berurutan oleh Z buah elektron seolah-olah mereka tak saling berinteraksi dan kemudian koreksi dilakukan untuk berbagai efek interaksi. Tetapi koreksi-koreksi ini adalah kecil, efek utama sebagai hasil hampiran pertama untuk tingkatan-tingkatan kulit ini adalah bahwa secara rata-rata elektron-elektron dipandang bergerak secara bebas dalam medan Coulomb inti.

Jika pendekatan yang sama digunakan untuk mengembangkan gambaran atau model kulit inti, maka harus digunakan potensial yang berbeda untuk menyatakan gaya-gaya ini yang berjangkau pendek. Salah satu hampirannya adalah dengan menganggap bahwa nukleon-nukleon bergerak dalam suatu potensial osilator harmonik

$$V = \frac{1}{2} kR^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 R^2$$

Untuk potensial ini, mekanika kuantum memperlihatkan bahwa tingkatan-tingkatan energinya diberikan oleh

$$E = \left(\eta + \frac{3}{2} \right) \hbar \omega$$

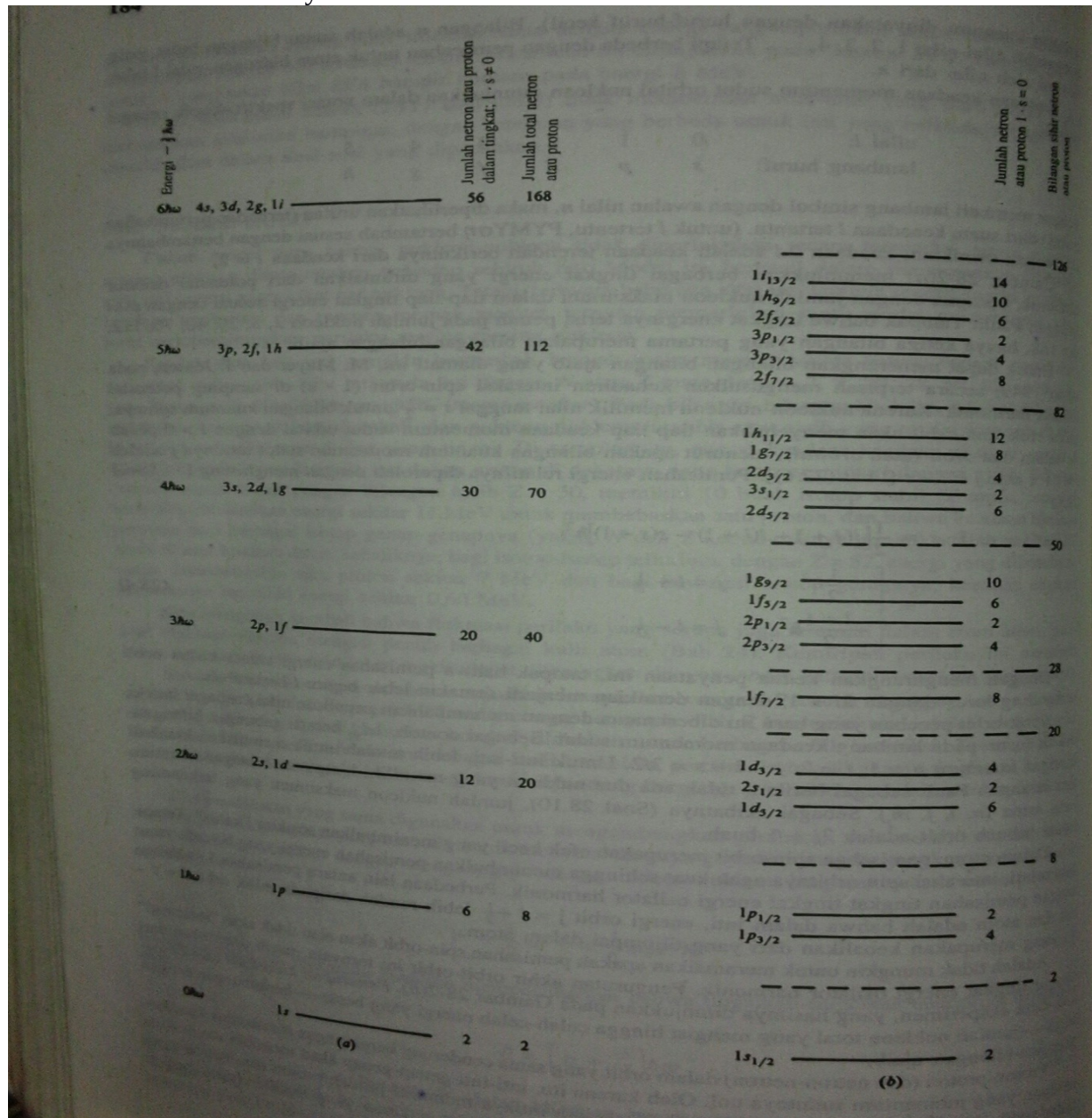
Dengan $\eta = 2(n - 1) + l$. Besaran P adalah bilangan kuantum momentum sudut orbital dan hanya mengambil nilai nilai 0,1,2,3. . . ; ini berkaitan dengan vektor momentum sudut orbital melalui hubungan yang lazim $l = \sqrt{l(l+1)} \hbar$ (untuk nukleon-nukleon, vektor-vektor terkuantisasi dan bilangan kuantum dinyatakan dengan huruf-huruf kecil. Bilangan n adalah suatu bilangan bulat yang mengambil nilai nilai 1,2,3,4,. . . tetapi berbeda dengan pemecahan untuk atom hidrogen, nilai l tidak dibatasi oleh nilai dari n .

Keadaan keadaan momentum sudut orbital nukleon ditunjukkan dalam notasi spektroskopik sebagai berikut:

Nilai l :	0	1	2	3	4	5	...
Lambang huruf:	s	p	d	f	g	h	...

Dengan memberi lambang simbol dengan awalan n , maka diperlihatkan urutan (terhadap pertambahan energi) dari suatu keadaan l tertentu. (untuk l tertentu,

PYMYσ η bertambah sesuai dengan bertambahnya n). Dengan demikian, keadaan 2d adalah keadaan terendah berikutnya dari keadaan $l = 2$.



Gambar 28-2(a) menunjukkan berbagai tingkat energi yang diramalkan dari potensial osilator harmonik, bersama dengan jumlah nukleon maksimum dalam tiap tingkat energi sesuai dengan asas larangan Pauli. Tampak bahwa tingkat energinya terisi penuh pada jumlah nukleon 2, 8, 20, 40, 70, 112 dan 168, hanya ketiga bilangan yang pertama merupakan bilangan ajaib.

Untuk dapat menerangkan bilangan ajaib yang diamati ini, M. Mayer dan J. Jensen pada tahun 1949 secara terpisah mengusulkan kehadiran interaksi spin-orbit ($1 \cdot s$) disamping potensial osilator harmonik. Karena nukleon nukleon memiliki nilai tunggal $s =$

$\frac{1}{2}$ untuk bilangan kuantum spinnya, maka efek spin orbit akan menyebabkan tiap keadaan momentum sudut orbital dengan $l > 0$ pecah ke dalam dua orbit (atau orbital), menurut apakah bilangan kuantum momentum sudut totalnya j adalah $j = l + s$ atau $j = l - s$. Pemisahan energi relatifnya diperoleh dengan menghitung $\mathbf{l} \cdot \mathbf{s}$

$$\begin{aligned} \mathbf{l} \cdot \mathbf{s} &= \frac{1}{2} [j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)] \hbar^2 \\ &= \begin{cases} \frac{1}{2} \hbar^2 & j = l + \frac{1}{2} \\ \frac{l+1}{2} \hbar^2 & j = l - \frac{1}{2} \end{cases} \quad \dots (28.4) \end{aligned}$$

Dengan mengurangkan kedua pernyataan ini, tampak bahwa pemisahan energi antara kedua orbit berbanding lurus dengan $2l + 1$, dengan demikian menjadi semakin lebar begitu l bertambah. Orbit-orbit pecahan yang baru ini diberi nama dengan menambahkan penulisan nilai j sebagai indeks bawah susun pada lambang keadaan momentum sudut. Sebagai contoh, $1d_{3/2}$ berarti gabungan bilangan bilangan kuantum $n = 1$, $l = 2$, $j = l - s = 3/2$. Untuk inti lebih mudah untuk menuliskan kembali asas larangan Pauli sebagai berikut : tidak ada dua nukleon yang memiliki himpunan bilangan kuantum yang sama (n, l, j, m_j). Sebagai akibatnya jumlah nukleon maksimum yang terkandung dalam sebuah orbit adalah $2j + 1$ buah.

Dalam atom, pemisahan spin orbit merupakan efek kecil yang menimbulkan struktur “halus”. Tetapi dalam inti interaksi spin orbitnya agak kuat sehingga menimbulkan pemisahan energi yang berorde sama dengan pemisahan tingkat energi osilator harmonik. Perbedaan lain antara pemisahan $\mathbf{l} \cdot \mathbf{s}$ dalam inti dan atom adalah bahwa dalam inti, energi orbit $j = l + \frac{1}{2}$ lebih rendah daripada orbit $j = l - \frac{1}{2}$, yang merupakan kebalikan dari yang dijumpai dalam atom.

(Gautreu, Ronald. 1995 : 180-182)

BAB III

PENUTUP

3.1 Kesimpulan

Untuk memepertahankan stabilitas inti, perbandingan neutron terhadap proton harus berada pada kestabilan tertentu. Satu ukuran kuantitatif untuk stabilitas inti ialah energi ikatan inti, yaitu energi yang diperlukan untuk membelah sebuah inti menjadi komponen-komponennya, yaitu proton, neutron. Energi ikatan dapat dihitung dari massa proton dan neutron dan massa inti dengan menggunakan hubungan kesetaraan massa energi Einstein.

Ada 3 faktor yang menentukan suatu inti stabil, yaitu :

Bilangan ajaib (*magic numbers*)

Aturan ganjil genap

Semua inti yang mempunyai proton 84 atau lebih tidak stabil

Inti yang tidak stabil (bersifat radioaktif) memiliki perbandingan n/p di luar pita kestabilan, yaitu:

Di atas pita kestabilan, mencapai kesetabilan dengan cara pemancaran partikel proton dan neutron.

Di bawah pita kestabilan, mencapai kesetabilan dengan cara pemancaran partikel partikel positron dan penangkapan electron.

Di seberang pita kestabilan (nuklida berat), mencapai kesetabilan dengan cara pemancaran partikel alpha.

Saran

Penulis merekomendasikan kepada pembaca untuk menggunakan sumber relevan lainnya selain makalah ini, agar jangkauan informasi yang didapatkan menjadi lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Hiskia. 2001. *Kimia Unsur dan Radiokimia*. Cintra Aditya Bakti. Bandung
- Chang, Raymond. 2003. *Kimia Dasar Jilid 2: Konsep-Konsep Inti*. Erlangga. Jakarta
- Gautreu, Ronald. 1995. *Teori dan Soal-Soal Fisika Modern*. Erlangga. Jakarta
- Krane, Kenneth. 1992. *Fisika Modern*. UI press. Jakarta
- Wardhana, Wisnu Arya. 1996. *Radioekologi*. ANDI Yogyakarta. Yogyakarta