



Fenomena Pairing pada Isotop Cr dengan Pontensial Interaksi 0.5 MeV

Alpi Mahisha Nugraha^{1*}, dan Nurullaeli²

^{1,2} Universitas Indraprasta PGRI Jakarta

* E-mail: alpi.mahisha@gmail.com

Info Artikel

Keywords:

Pairing effect, BCS approximation,
Isotop Cr, Potensial Interaksi 0.5 MeV

Abstract

Pairing is a collective phenomenon of several fermions that gather, this phenomenon can be found in the formation of isotopes such as the Cr isotope. Pairing effect will have an impact on the strength of nucleus binding energy, as social beings who will have strong relationships when collective. Isotope of a nuclide will be increase of binding energy when the number of particles is increasing and the number is even or in pairs. The approach that is currently very powerful to explain the pairing effect is Bardeen, Cooper, and Schrieffer, known as BCS Approximation. This approach requires an interaction potential matrix that illustrates neutron interactions between energy levels, the use of 0.5 MeV interaction potential is an option in this approach to calculate the total binding energy of the Cr isotope.

How to Cite: Nugraha, A.M. & Nurullaeli. (2020). Fenomena *Pairing* pada Isotop Cr dengan Pontensial Interaksi 0.5 MeV. *Prosiding Seminar Nasional Sains 2020*, 1 (1): 46-50.

PENDAHULUAN

Penambahan neutron pada isotop akan memperlihatkan perilaku-perilaku kelompok yang unik lainnya individu baru yang memasuki kelompok tertentu seperti halnya makhluk sosial. Perilaku ini bersifat kolektif dan disebut dengan *pairing* atau pasangan, pendekatan fundamental dari fenomena ini dipelopori oleh Bardeen, Cooper, dan Schrieffer yang dikenal dengan BCS *Approximation* (Bardeen. dkk, 1957: 162-164). Mulanya, pendekatan ini diaplikasikan pada zat padat untuk menjelaskan fenomena superkonduktivitas pada logam. Namun seiring dengan perkembangan zaman, ternyata teori ini dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pasangan pada partikel fermion apa saja, termasuk untuk neutron maupun proton pada inti atom.

Fenomena *pairing* dapat ditemukan pada banyak isotop, seperti isotop Sn (Andreozzi, 1996:253-260), isotop Zr (Durell. dkk, 1995), isotop Pr (Junqing Li. dkk, 2002) dan lainnya. Banyaknya laboratorium yang menyediakan data dari beberapa isotop itulah yang menjadi motivasi penelitian struktur nuklir seperti *pairing effect* masih tetap berlangsung. Bahkan beberapa peneliti yang mengaitkan fenomena *pairing* dan halo neutron sebagai serangkaian fenomena menarik yang terjadi di dalam inti atom (Jie Meng, 1966:85-120). Salah satu isotop yang dapat menunjukkan fenomena *pairing* adalah isotop Cr.

Isotop merupakan nuklida yang memiliki jumlah proton tetap namun mengalami penambahan jumlah neutron baik terbentuk secara alamiah atau buatan. Salah satu isotop yang terbentuk adalah isotop pada nuklida Cr, keadaan alamiah atau normal dari isotop Cr yang stabil dan melimpah adalah nuklida Cr_{24}^{52} yang mencapai kandungan hampir 84% berdasarkan hasil laboratorium, salah satu laboratorium yang melakukan eksperimen terhadap isotop Cr adalah KAERI atau Korea Atomic Energy Research Institute yang bisa diakses menggunakan internet. Isotop Cr merupakan isotop yang terletak diantara inti atom ringan dan inti atom sedang, keadaan inilah yang akan membuat fenomena *pairing* semakin menarik untuk ditelaah.

Pembentukan isotop Cr telah mencapai isotop Cr_{24}^{68} dalam skala laboratorium. Pengisian atau penambahan neutron akan membuat suatu nuklida atau inti atom bisa menjadi stabil ataupun tidak, hal ini bergantung pada jumlah neutron yang ditambahkan pada nuklida tersebut. Biasanya jika jumlah neutron yang ditambahkan mencapai keadaan *closed shell*-nya maka akan membuat nuklida tersebut stabil, jumlah neutron pada keadaan *closed shell* ini mengikuti istilah *magic number*. Antara lain ketika neutron berjumlah 2,8,28, 50, dan 126. *Pairing effect* adalah salah satu fenomena mengapa nuklida stabil pada *magic number*.

Semakin banyak jumlah yang ditambahkan seharusnya memperlihatkan fenomena pairing yang lebih besar. Salah satu pendekatan untuk melihat fenomena pairing adalah *BCS Approximation*. *BCS-approximation* mempersentasikan bagaimana fungsi gelombang dan tingkat energi tertentu dalam pemodelan kulit inti dengan memperhitungkan dampak fenomena *pairing*, sebagai faktor yang mempengaruhi perubahan energi total sistem menjadi lebih kecil. Pendekatan ini menggambarkan fenomena interaksi *pairing* yang muncul akibat adanya interaksi antara dua partikel pada keadaan waktu yang saling konjugat (s, s') . Hubungan antara partikel yang satu dengan partikel lain digambarkan oleh matriks interaksi $V_{ss'}$, yang menyatakan perubahan keadaan akibat interaksi yang semula berada pada (s', s') dan berakhir di keadaan (s, s) , dengan bentuk persamaan Hamiltonian berupa :

$$H = \sum_s \varepsilon_s n_s + \sum_{ss' > 0} V_{ss'} p_s^* p_{s'} \quad (1)$$

besar energi pun menjadi

$$E = \langle BCS | H | BCS \rangle = 2 \sum_{s > 0} \varepsilon_s^0 v_s^2 + \sum_{ss' > 0} V_{ss'} u_s v_s u_{s'} v_{s'} + \sum_{s > 0} V_{ss'} v_s^2 \quad (2)$$

dengan p_s^* , p_s merupakan operator yang menggambarkan pembentukan dan pemusnahan partikel. Berdasarkan penurunan persamaan energi gap atau perbedaan energi yang diakibatkan adanya *pairing effect*. Nilai $V_{ss'}$ pada penelitian ini akan dibuat secara uniform yakni 0.5 MeV untuk interaksi level berbeda dan -0.5 MeV untuk interaksi internal level energi.

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui *pairing effect* pada isotop Cr dengan menggunakan *potensial interaksi 0.5 MeV*. Selain itu, untuk menganalisis dan membandingkan perhitungan properti isotop Cr seperti energi ikat dengan hasil eksperimen yang dihasilkan oleh KAERI. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai alternatif dalam pemodelan isotop Cr dengan mempertimbangkan pengaruh *pairing* dalam inti atom.

METODE PENELITIAN

Studi pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memahami hal-hal yang dapat mempengaruhi properti Isotop Cr terutama mengenai *pairing effect* pada inti atom. Melakukan studi pustaka juga membuat peneliti dapat membandingkan pendekatan lain terhadap perhitungan properti isotop Cr.

Pengambilan data penelitian di KAERI (Korea Atomic Energy Research Institute)

KAERI merupakan salah satu institut yang melakukan eksperimen mengenai pembentukan isotop Cr, hasil eksperimen berupa properti dari isotop Cr akan digunakan sebagai referensi tingkat presisi dari penelitian yang akan dilaksanakan. Data yang akan diambil berupa energi ikat yang dibutuhkan untuk membentuk isotop Cr dari Cr_{24}^{52} sampai dengan Cr_{24}^{68} .

Menyelesaikan persamaan *pairing effect* secara analitik dan numerik

Persamaan BCS menjadi pendekatan fundamental dalam menganalisa fenomena *pairing* di dalam isotop Cr. Pendekatan tersebut akan diselesaikan secara analitik dan akan diteruskan dengan metode numerik untuk menentukan energi ikat isotop Cr yang terbentuk dengan bantuan program MATLAB.

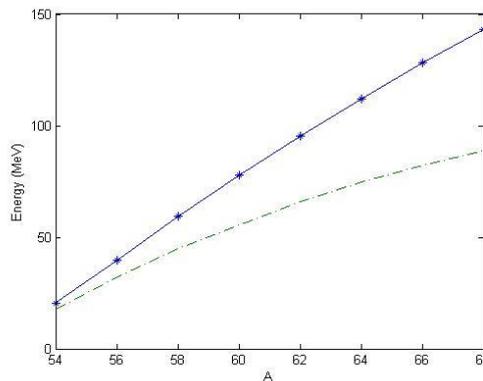
Analisis data perhitungan

Tahap terakhir dari metode penelitian adalah menganalisis data yang dihasilkan program Matlab dalam menghitung energi ikat sebagai properti dari isotop Cr dan membandingkan tingkat akurasi dan presisi dengan data eksperimen yang telah dilakukan oleh KAERI

HASIL DAN PEMBAHASAN

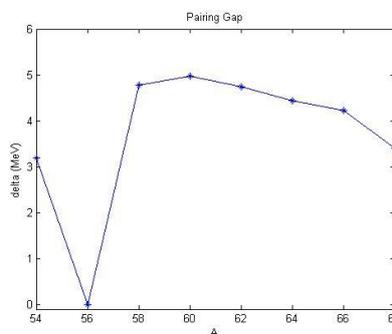
Isotop Cr adalah salah satu isotop inti ringan yang saat ini menjadi salah satu objek menarik untuk diteliti baik secara teoritik ataupun eksperimen. KAERI atau Korea Atomic Energy Research Institute menjadi salah satu laboratorium skala internasional yang masih melakukan eksperimen terhadap objek isotop Cr hingga saat ini, namun hasil eksperimen yang tersedia hanya mencapai nuklida Cr_{24}^{68} . Nilai yang dibandingkan dalam penelitian ini adalah energi ikat relatif dari isotop Cr terhadap keadaan *closed shell*-nya yakni nuklida Cr_{24}^{52} yang dihitung menggunakan *Uniform Fixed Potential* dan hasil eksperimen.

Nuklida Cr_{24}^{52} adalah nuklida dengan kondisi *closed shell* dikarenakan mempunyai jumlah neutron sebanyak 28 yang merupakan *magic number*. Pada teorinya, kondisi ini memungkinkan peneliti ekperimental untuk menambahkan neutron dengan jumlah banyak meskipun kestabilan inti akan menjadi tidak stabil seiring dengan besarnya jumlah neutron yang ditambahkan. Hal yang berpengaruh terhadap kestabilan inti ini salah satunya adalah fenomena pasangan atau *pairing*. Fenomena *pairing* adalah fenomena kolektif yang terjadi pada inti dengan jumlah neutron yang banyak dan berpasangan yakni berjumlah genap.



Gambar 1 Perhitungan energi ikat isotop Cr

Pada Gambar 1 memperlihatkan hasil yang semakin tidak akurat untuk isotop yang semakin besar. Namun penggunaan potensial interaksi 0.5 MeV menjadi salah satu alternatif dalam melihat fenomena *pairing* pada isotop Cr terutama saat jumlah neutron yang ditambahkan masih sedikit. Fenomena *pairing* pada isotop Cr dengan menggunakan lima level energi memperlihatkan bahwa neutron seolah-olah berkumpul menjadi tiga kumpulan, hal ini dikarenakan adanya level yang hampir berimpitan akibat perbedaan level energi yang kecil. Level tersebut adalah $3p_{3/2}$ dengan $3s_{1/2}$ yang memiliki level energi berkisar -2 MeV, kemudian $2p_{1/2}$ dengan $1f_{5/2}$ yang memiliki level energi berkisar -7 MeV dan kumpulan terakhir adalah level $2p_{3/2}$ yang memiliki level energi -8,290 MeV. Namun ketiga kumpulan neutron tersebut menjadi dua kumpulan besar yakni kumpulan gabungan



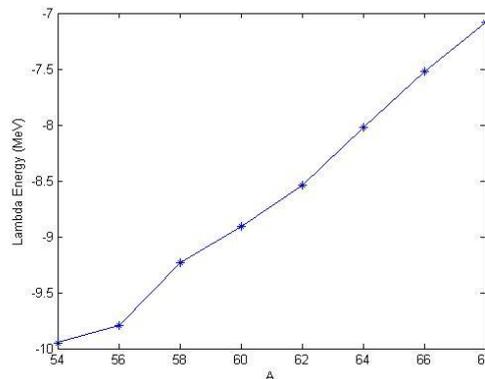
Gambar 2 Fenomena *pairing* pada isotop Cr

antara level $3p_{3/2}$ dengan $3s_{1/2}$ dan $2p_{1/2}$, $1f_{5/2}$ dengan $2p_{3/2}$, kumpulan neutron tersebut menunjukkan fenomena pairing pada isotop Cr.

Lambda energy atau energi yang dibutuhkan untuk membentuk neutron pada isotop dapat terlihat pada Gambar 3. Besaran ini menunjukkan bahwa semakin banyak neutron yang ditambahkan, energi yang diperlukan untuk membentuk neutron baru semakin bernilai positif. Hal ini berarti inti isotop yang baru akan memiliki nilai energi ikat yang lebih lemah dan menunjukkan ketidakstabilan inti isotop Cr.

PENUTUP

Fenomena pairing pada isotop adalah salah satu fenomena yang bertanggung jawab terhadap kestabilan inti dari isotop Cr. Penggunaan potensial interaksi 0.5 MeV memang tidak memberikan hasil yang sangat akurat dengan hasil perhitungan energi ikat total yang dilakukan dalam skala laboratorium. Namun penelitian ini menjadi salah satu alternatif perhitungan dalam menghitung properties dari isotop Cr. Fenomena *pairing* sangat terlihat pada potensial interaksi dengan nilai 0.5 MeV . Pada nilai lambda atau energi yang diperlukan untuk membentuk partikel yang dihasilkan semakin bernilai positif seiring dengan jumlah neutron yang ditambahkan, hal ini mengartikan bahwa inti semakin tidak stabil.



Gambar 3 *Lambda energy*

Penggunaan potensial interaksi 0.5 MeV memang tidak akan cukup mewakili besar interaksi neutron antar tiap level, karena hakikatnya neutron pada level tertentu akan memiliki nilai interaksi yang berbeda saat berinteraksi dengan level lainnya. Oleh karena itu, diperlukan metode optimasi untuk mendapatkan nilai potensial interaksi yang dapat menghasilkan energi ikat yang mendekati dengan hasil perhitungan eksperimen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti tujukan pada pihak Universitas Indraprasta PGRI Jakarta melalui LPPM yang sudah membantu mendanai penelitian sesuai kontrak program penelitian Nomor: 01451/SP3/KP/LPPM/UNINDRA/X/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Bardeen, L. N. Cooper, and J. R. Schrieffer. (1957). *Microscopic Theory of Superconductivity*. Phys. Rev. 106 : 162-164.
- F. Andreozzi, L. Coraggio, A. Covello, A. Gorgano, dan A. Porrino. (1996). *Pairing effects in Sn Isotopes*, Z. Phys. A 354, 253-260

- J. L. Durell, etc. (1995). *Pairing strength in neutron-rich isotopes of Zr*. Phys. Rev. C 52, R2306(R). <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.52.R2306>
- Jie Meng, etc. (1966). *Relativistic Density functional for Nuclear Structure*. International Review of Nuclear Physics -Vol 10. Hal: 85-120.
- Junqing Li, etc. (2002). *Ground-state and pairing properties of Pr isotopes in relativistic mean-field theory*. Phys. Rev. C 65, 064305. <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.65.064305>
- Sumaryada, Tony Ibnu. (2007). *Pairing Correlations and Phase Transitions in Mesoscopic Systems*. Published Dissertation. Florida, USA : The Florida State University.