Kappa Journal
Program Studi Pendidikan Fisika
FMIPA Universitas Hamzanwadi
http://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/kpj/index

April 2023. Vol. 7, No. 1
e-ISSN: 2549-2950
pp. 108-113

Fungsi Gelombang Pseudospin Simetri Untuk Potensial Rosen Morse Plus Coulomb Like Tensor Untuk Variasi q Dengan Menggunakan Metode Polymial Romanovski

[1] Alpiana Hidayatulloh, [2] Alpi Zaidah
[1]Prodi Teknik Sipil, FSTT, Universitas Pendidikan Mandalika, Jln. Pemuda No. 52 Mataram, NTB, 83611
[2]Prodi Pendidikan IPA, Institut pendidikan Nusantara Global
Email Korespondensi: alpianahidayatulloh11@gmail.com

Article Info	***Abstract***
Article History *Received: 24 Feb 2023* *Revised: 27 April 2023* *Published: 30 April 2023* ***Keywords*** *Dirac equation, Rosen Morse Potential, Pseudospin Symmetry, Coulomb like tensor, Romanovski Polynomial Method*	***Pseudospin Wave Function Symmetry for Rosen Morse Potential Plus Coulomb Like Tensor for Variation q Using Polymial Romanovski Method****. This study aims to determine the wave function of the Dirac equation of the Rosen Morse potential plus the coulomb type tensor potential for the pseudospin symmetry case using the Polynomial Romanovski method. Solving Dirac's equation using Romanovski polynomials is done by reducing the second-order differential equation to a hypergeometric type equation through variable substitution and the appropriate wave function. By comparing the second order differential equation of the hypergeometric type with the standard differential equation for the Romanovski polynomial, the relativistic energy equation and wave function are obtained. The symmetrical pseudospin wave function for the Rosen Morse potential is obtained from the weight function and expressed in Romanovski polynomial form.*
Informasi Artikel	**Abstrak**
Sejarah Artikel Diterima: 24 Feb 2023 Direvisi: 27 April 2023 Dipublikasi: 30 April 2023 **Kata kunci** Persamaan Dirac, Potensial Rosen Morse, Pseudospin Symetri, Coulomb like tensor, Metode Polynomial Romanovski	Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk menentukan fungsi gelombang dari persamaan Dirac potensial Rosen Morse plus potensial tensor tipe coulomb untuk kasus pseudospin simetri dengan menggunakan metode Polynomial Romanovski. Penyelesaian persamaan Dirac dengan menggunakan polynomial romanovski dilakukan dengan cara mereduksi persamaan differensial orde dua menjadi persamaan tipe hipergeometri melalui substitusi variabel dan fungsi gelombang yang sesuai. Dengan membandingkan persamaan differensial orde dua tipe hipergeometri dengan persamaan differensial standar untuk polynomial romanovski diperoleh persamaan energi relativsitik dan fungsi gelombang. Fungsi gelombang pseudospin simetri untuk potensial rosen morse diperoleh dari fungsi bobot dan dinyatakan dalam bentuk polynomial romanovski.

Sitasi: Hidayatulloh, A., & Zaidah, A. (2023). Fungsi Gelombang Pseudospin Simetri Untuk Potensial Rosen Morse Plus Coulomb Like Tensor Untuk Variasi q Dengan Menggunakan Metode Polymial Romanovski, *Kappa Journal*. Vol. 7 No.1, 108-113.

PENDAHULUAN

Pada fisika partikel, persamaan dirac merupakan persamaan gelombnag relativistik yang diformulasikan oleh ahli ilmu fisika inggris paul dirac pada tahn 1982. Persamaan dirac selalu mendeskripsikan partikel kuantum spin ½ pada mekanika kuantum. Persamaan pencarian solusi yang tepat dari persamaan dirac dengan berbagai potensi fisik memainkan peran penting dalam fisika nuklir dan bidang terkait lainnya. Dengan menggunakan metode yag berbeda, pencarian solusi yang tepat persamaan dirac dengan potensial spin dan pseudo berputar. Pada penelitian sebelumnya persamaan dirac diselesaikan secara analitis untuk beberapa potensial seperti potensial woods – saxon, hulthen, Eckart, Hylleraas dan manning – rosen. Dan berbagaimetode telah diadopsi untuk mencari solusi dari persamaan dirac metode ini termasuk metode faktorisasi,metode aljabar, mekanika kuantum metode supersymetrik, metode iterasi asimtotik, metode nikiforov – varov dan lain – lain.

METODE

Persamaan Dirac untuk kasus pseudospin simetri berlaku jumlah antara potensial vektor V(r) dan potensial skalar S(r) adalah konstan dan selisihnya sama dengan potensial yang mempengaruhi sistem. Persamaan dirac untuk potensial vektor V(r) dan skalar S(r) dituliskan sebagai berikut :

$$[\overline{c\vec{\alpha}}.\vec{p}+\beta\left(Nc^2+S(\vec{r})\right)-i\beta\vec{r}.\vec{r}U(r)]\boldsymbol{\Psi}(\vec{r})=[E-V(\vec{r})]\boldsymbol{\Psi}(\vec{r}) \tag{1}$$

Dimana , $\vec{p}=-i\hbar\nabla, \vec{\alpha}=\begin{pmatrix}0 & \vec{\sigma}\\ \vec{\sigma} & 0\end{pmatrix}, \beta=\begin{pmatrix}I & 0\\ 0 & I\end{pmatrix}$ (2)

Dengan σ adalah matrik tiga dimensi pauli, I adalah matriks identitas 2×2 jika nilai ħ=c=1, dan spin dirac dituliskan sebagai berikut:

$$\psi(\vec{r})=\begin{pmatrix}\varphi(\vec{r})\\ \chi(\vec{r})\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{F_{nk}(r)}{r}Y_{jm}^{l}(\theta,\emptyset)\\ i\frac{G_{nk}(r)}{r}Y_{jm}^{\bar{l}}(\theta,\emptyset)\end{pmatrix} \tag{3}$$

dimana $\varphi(\vec{r})$ adalah spin Dirac dari upper dan $\chi(\vec{r})$ adalah spin Dirac lower. $Y_{jm}^{l}(\theta,\emptyset)$ adalah spin bola harmonic dan $Y_{jm}^{\bar{l}}(\theta,\emptyset)$ adalah pseudospin bola harmonik (Ikhdiar dan Hamzavi, 2010).

Dengan memasukkan persamaan (2) dan (3) maka didapatakan persamaan untuk pesudospi simetri

$$\frac{d^2F_{nk}(r)}{dr^2}-\frac{1}{r^2}(2kH-H-K+H^2)G_{nk}(r)-\left(M+E_{nk}-\Delta(r)\right)\left(M-E_{nk}+\sum(r)\right)G_{nk}(r)=0 \tag{4}$$

Pseudospin simetri memilikir $\sum(r)=c$ dan Δ(r) merupakan potensial yang mempengaruhi sistem.

Metode penyelesaian persamaan differensial orde dua yang belum banayak diaplikasikan untuk penyelesaian persamaan schrodinger adalah menggunakan polynomial romanovski. Persamaan schrodinger satu dimensi untuk potensial shape invariancedapat diubah menjadi persamaan diferensial orde dua fungsi hipergeometri dengan substitusi variabel yang sesuai. Bnetuk dari persamaan schrodinger satu dimensi.

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Psi(x)}{dx^2}+V(x)\Psi(x)=E\Psi(x) \tag{5}$$

Persamaan tipe hipergeometri yang diperoleh dari persamaan schrodinger(5) dengan substitusi variabel yang sesuai, dimana tipe umum persamaan hipergeometri adalah:

$$\frac{\partial^2\Psi(s)}{\partial s^2}+\frac{\tau(s)}{\sigma(s)}\frac{\partial\Psi(s)}{\partial s}+\frac{\tau(s)}{\sigma^2(s)}\Psi(s)=0 \tag{6}$$

Persamaan diferensial tipe hipergeometri yang dapat diselesaikan dengan menggunakan polynomial romanovski yang mula- mula diusulkan oleh S.J Routh dan kemudian dikembangkan oleh Romanovski, bentuk persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\sigma \frac{\partial^2 y_n}{\partial s^2} + \tau \frac{\partial y_n}{\partial s} + \lambda y_n \tag{7}$$

Dengan $\sigma(s) = ax^2 + bx + c,\ \ \tau = dx + e$ dan $-\{n(n-1) + 2n(1-p)\} = \lambda = \lambda_n$ dan $y_n = R_n{}^{(p,q)}(s) = D_n{}^{(\beta,\alpha)}(s)$

Persamaan (7) adalah persamaan yang self-adjoint dan fungsi bobotnya dinyatakan sebagai w(x) memnuhi persamaan diferensial pearson yang disajikan sebagai berikut:

$$\frac{d(\sigma(x)w(x))}{dx} = \tau(x)w(x) \tag{8}$$

Fungsi bobot yang diperoleh dari penyelesaian differensial pada persamaan (8) adalah

$$w(x) = exp \int \frac{(d-2a)x+(e-b)}{ax^2+bx+c} \tag{9}$$

Persamaan (9) di atas disusun dari persamaan rodrigues yang dinyatakan sebagai berikut:

$$D_n{}^{(p,q)}(z) = \frac{1}{w(z)} \frac{d^n}{dz^n} \left((az^2 + bz + c)^n w(z) \right) \tag{10}$$

Dengan nilai – nilai parameter pada persamaan (10) adalah a=1,b=0,c=1,d=2(1-p) dan e=qdengan p>0.

Dengan memasukkan nilai parameter pada persamaan (10) maka didapatkan adalah sebagai berikut:

$$D_n = \frac{1}{w} \frac{d^n}{dz^n} (w(1 + z^2)^n) \tag{11}$$

Dengan $w(x) = (1 + z^2)^2 e^{qtan^{-1}(z)}$ yang merupakan fungsi bobot maka didapatakan persamaan fungsi bobot pseudospin symetri untuk potensial rosen morse adalah sebagai berikut:

$$G_{nk} = (1 + z^2)^{\frac{\beta}{2}} e^{-\frac{\alpha}{2}tan^{-1}(z)} D_n$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum mencari fungsi gelombang pseudospin symteri untuk potensial rosen morse dengan menggunakan metode polynomial romanovski terlebih dahulu kita mencari besarnya energi yang dihasilkan, adapun persamaan energi untuk potensial rosen morse adalah

$$E = \frac{\alpha^2}{4} - \beta^2$$

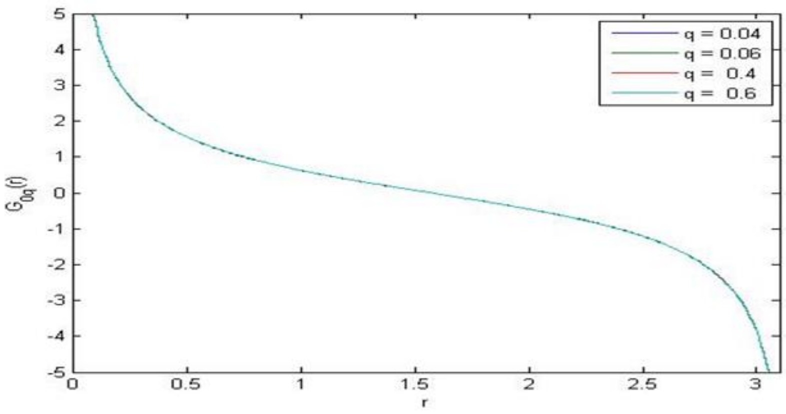
$$\left(M - E_{nk} + c_{ps}\right)(M + E_{nk}) = b^2 \left(\frac{2(2q(M + E_{nk} - c_s))}{4\left(\sqrt{b^2\{(K+H-1)(K+H)\} + b^2 v(v+1)\left(M - E_{nk} + C_{ps}\right) + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2}\right)^2} - \left(\sqrt{b^2\{(K+H-1)(K+H)\} + b^2 v(v+1)\left(M - E_{nk} + C_{ps}\right) + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2}\right)^2 \right)$$

Kemudian besarnya energi dihitung dengan menggunakan matlab dan energi yang dihasilkan untuk pseudospin simetri selalu bernilai negatif, adapun besarnya energi jika n = 0 dengan nilai K yang berbeda dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 1. Nilai energi dengan variasi q dengan $b = 0{,}4 fm^{-1}$, $nu = 1 fm^{-1}$, $M = 4 fm^{-1}$, $C_{ps} = -5 fm^{-1}$

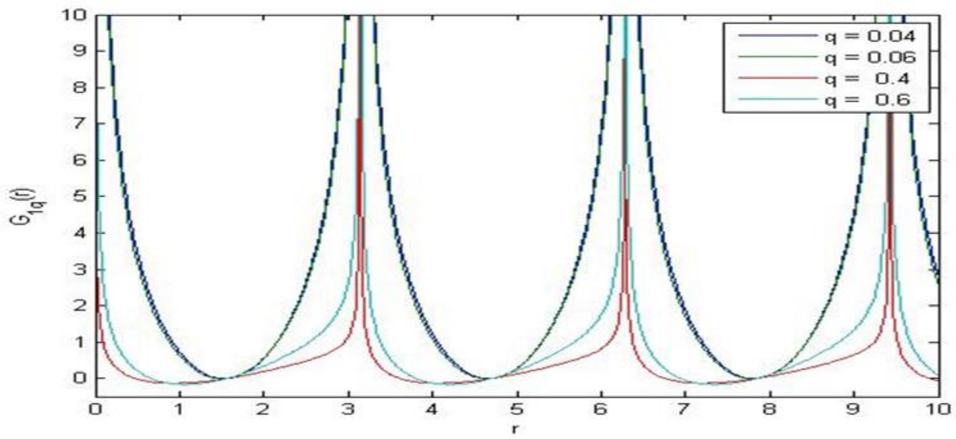
n	**l**	**K< 0**	**J = *l*+1/2**	**Enk > 0 q= 0.04**	**Enk > 0 q=0.06**	**Enk > 0 q= 0.4**	**Enk > 0 q=0.6**
0	**0**	**-1**	**0s$_{1/2}$**	**-1.990**	**-1.990**	**-1.994**	**-1.995**
0	**1**	**-2**	**0p$_{3/2}$**	**-1.944**	**-1.945**	**-1.951**	**-1.954**
0	**2**	**-3**	**0d$_{5/2}$**	**-1.863**	**-1.863**	**-1.869**	**-1.872**
0	**3**	**-4**	**0f$_{7/2}$**	**-1.756**	**-1.756**	**-1.761**	**-1.763**
1	**0**	**1**	**s$_{1/2}$**	**-1.429**	**-1.429**	**-1.432**	**-1.433**
1	**1**	**-2**	**p$_{3/2}$**	**-1.311**	**-1.311**	**-1.314**	**-1.315**
1	**2**	**-3**	**d$_{5/2}$**	**-1.178**	**-1.178**	**-1.180**	**-1.181**
1	**3**	**-4**	**f$_{7/2}$**	**-1.980**	**-1.981**	**-1.986**	**-1.988**

Adapun bentuk fungsi gelombang dari masing – masing energi diatas sebagai berikut:



Gambar 1. Fungsi gelombang variasi q untuk n = 0

Gambar 1 menunjukkan bahwa amplitudo semakin besar dengan bertambahnya nilai r kemudian untuk pengaruh q dengan nilai yang bervariasi, gambar dari fungsi gelombangnya menunjukkan bahwa semakin kecil pengaruh q semakin kecil fungsi gelombangnya, sehingga dapat dikatakan bahwa probabilitas ditemukannya elektron ketika q = 0,6



Gambar 2. Fungsi gelombang variasi q dengan n=1

Pada Gambar 2kita bisa melihat bahwa amplitudo kecil, amplitudo terbesar pada keadaan q = 0,04 amplitudo yan g kecil menunjukkan bahwa jarak elektron dengan inti dekat. Dimana amplitudo mempengaruhi probabilitas elektron ditemukan, semakin besar amplitudo maka probabilitas ditemukan elektron besar begitu juga sebaliknya. Sehingga pada Gambar 2 memiliki amplitudo yang kecil sehingga probabilitas ditemukannya elektron kecil.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut kita dapat mengambil kesimpulan bahwa probabilitas ditemukannya elektron pada fungsi gelombang pseudospin simetri untuk potensial rosen morse ditentukan oleh nilai n yang digunakan, seperti pada gambar 1 dengan nilai n = 0 probabilitas ditemukannya elektron pada nilai q yang terbesar yaitu q = 0,6 kemudian pada gambar 2 untuk n = 1 menunjukkan bahwa probabilitas ditemukkannya elektron pada nilai q terkecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keadaan tertentu(nilai n) untuk variasi q dengan nilai q dari terkecil sampai terbesar probabilitas ditemukannya elektron sama.

SARAN

adapun saran dari penelitian ini adalah untuk menggunakan variabel bebas yang berbeda – beda karena untuk mencari fungsi gelombang dari energi potensial tersebut dengan menggunakan aplikasi yang juga berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Beiser, A. (1992). *Konsep Fisika Modern*. Erlangga: Jakarta.

Cari. (2013). *Mekanika Kuantum-penyelesian potensial non-central dengan supersimteri,hypergeometri,Nikivarof Uvarof dan Polynomial Romanovski*. UPT Penerbitan: Surakarta Jawa Tengah

Cari, Suparmi. (2012). *Exact solution of Dirac Equation for Scarf Potential with New Tensor Coupling Potential for Spin and Pseudospin Symmetries using Romanovski Polynomial. Chinese Physics*. Physics Departmen Graduate Program: Sebelas Maret University

Eshghi, M. (2011). Journal Of Scientific Research. J. Sci. Res. 3 (3), 493-500

Ferhat, Taskin dan Gokhan, Kocak. (2011). Chin. Phys. B. 20(7) (2011). 201 - 208

Ikhdair, S.M dan Hamzavi,M. (2010). Relativistic Symmetries in the Rosen Morse Potential and Tensor Interaction Using the Nikiforov Uvarov method. 22(4). 77 - 83

Ikot,A.N dan Louis. (2012). Commun. Theor. Phys. 59(3). 43 - 48

Kayode John Oyewumi. (2010). *Approximate solution of the Dirac Equation for the Rosen Morse Potential in the Presence of the Spin Orbit and Pseudo Spin Orbit Centrifugal terms*. Theoretical physics section, physics Departement, University of Ilorin;Nigeria

Oyewumi, K. J dan Akoshile, C.O. (2010). *Theoretical Physics Section*.. University of Ilorin Ilorin: Nigeria

Rajabi, A.A , Hamzavi,M.(2010). *Tensor Coupling and relativistic spin and pseudospin symmetries with the Hellman potential. Physics department, Shahrood university of technology*, shahrood: Iran.

Suparmi. (2011). *Mekanika Kuantum I*. Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret: Surakarta

Suparmi. (2011b). *Mekanika Kuantum II*. Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret: Surakarta

Yahya, W. A. (2010). Journal of Vectorial Relativity. 3(1). Ilorin, Nigeria

Yanuarief, Cecilia. (2012). *Analisis Energi dan Fungsi Gelombang Potensial Non Sentral Rosen Morse Plus Hulthen, Rosen Morse dan Coulomb Menggunakan Polinomial Romanovsk*i. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.