

VARIASI MODEL LEFT-RIGHT SYMMETRY DALAM FISIKA PARTIKEL DAN KESESUAIANNYA TERHADAP ANOMALI CHIRAL

Qidir Maulana BS¹⁾ dan Mirza Satriawan²⁾

1) Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang

2) Jurusan Fisika, Universitas Gadjahmada, Yogyakarta

Korespondensi penulis: qidir@undip.ac.id

Abstract

It has been done variation left-right symmetry model in particle physics that depend on $SU(2)_L \otimes SU(2)_R \otimes U(1)_I$ gauge. With assumption leptons and quarks sector mass formation is different, so we introducing new particles in quarks sector U_L, D_L, U_R , and D_R . From this idea will be examined chiral anomaly to decide are this variation model can be candidate besides standard model of particle physics.

Keywords : left-right symmetry model, chiral anomaly

Abstrak

Telah dilakukan variasi model left-right symmetry dalam fisika partikel berdasar pada gauge $SU(2)_L \otimes SU(2)_R \otimes U(1)_I$. Dengan asumsi pembentukan massa sektor lepton dan quark berbeda, maka diperkenalkan partikel-partikel baru pada sektor quark U_L, D_L, U_R , dan D_R . Dari gagasan ini akan diuji anomali chiralitasnya untuk menentukan apakah model variasi ini bisa dijadikan kandidat model selain model standard dalam fisika partikel.

Kata kunci: left-right symmetry model, anomali chiral

Pendahuluan

Model left-right symmetry adalah model diluar model standard dalam fisika partikel yang diperkenalkan pertama kali oleh Pati-Salam pada tahun 1974 [2]. Model ini mengasumsikan terdapatnya dublet fermion right-handed untuk setiap dublet left handed yang ada dalam model standard, dan secara otomatis memunculkan neutrino right-handed yang tidak ada dalam model standard.

Pada tahun 1975, Senjanovic dan Mohapatra menunjukkan bahwa karakteristik V-A (paritas kiri) dari interaksi lemah adalah fenomena pada energi rendah, dan pada energi tinggi karakteristik V-A (paritas kiri) dan V+A (paritas kanan) akan muncul [3]. Model simetri kiri-kanan juga dikembangkan ditahun-tahun berikutnya oleh Goran Senjanovic tahun 1978, Mohapatra dan Senjanovic tahun 1980 yang membahas

mengenai massa dan pencampuran neutrino.

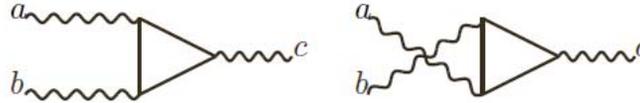
Disini akan dikaji mengenai model left-right symmetry dan dilihat anomali chiralnya sebagai syarat bahwa model ini dapat diterima.

Dasar Teori

Dalam fisika partikel, salah satu hal dimana suatu model dapat diterima adalah model tersebut bebas dari anomali chiral. Anomali chiral ini adalah suatu kerusakan simetri karena koreksi pada level kuantum yang tidak terlihat pada level klasik. Anomali chiral merusak renormalisasi pada suatu teori sehingga harus tidak ada dalam suatu model. Kemunculan anomali chiral ini terkait dengan arus vektor dan arus vektor aksial. Kemunculan anomali chiral paling sederhana muncul dari diagram seperti pada Gambar 1 dan telah ditunjukkan bahwa analisa terhadap diagram ini sudah

cukup untuk memastikan tidak adanya anomali chiral pada diagram dengan orde yang lebih tinggi. Anomali pada suatu model tidak akan muncul apabila nilai berikut ini lenyap [1]:

$$Tr\{(T_L^a T_L^b + T_L^b T_L^a)T_L^c - (T_R^a T_R^b + T_R^b T_R^a)T_R^c\}$$



Gambar 1. Tiga kopling arus anomali a, b , dan c dari loop fermion [1]

Sebagai contoh, dalam model standard, untuk sektor lepton

$$\begin{pmatrix} e \\ \nu_e \end{pmatrix}_L, (e)_R \quad (1)$$

dan untuk sektor quark

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_L, (u)_R, (d)_R \quad (2)$$

Misal a, b mengacu pada $SU(2)_L$ sedangkan c untuk $U(1)_Y$, maka kondisi persamaan di atas dapat tereduksi menjadi [1]:

$$Tr\{Y\}_L - Tr\{Y\}_R = 0 \quad (3)$$

yang jika dimasukan nilai-nilainya pada wakilan fermion model standard akan diperoleh

$$2 \cdot Y_{(e_L, \nu_L)} + 3 \cdot 2 \cdot Y_{(u_L, u_L)} - Y_{(e_R)} - 3 \cdot Y_{(u_R)} - 3 \cdot Y_{(d_R)} = 2 \cdot (-1) + 3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} - 3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} - (-2) - 3 \cdot \frac{4}{3} - 3 \cdot \frac{-2}{3} = 0$$

(untuk quark dikali tiga karena terdapat 3 warna). Misal a, b, c mengacu pada $U(1)_Y$, maka kondisi persamaan di atas dapat tereduksi menjadi [1]:

$$Tr\{(Y_L)^3\} - Tr\{(Y_R)^3\} = 0 \quad (4)$$

yang jika kita masukan nilai-nilainya yang bersesuaian akan didapati bernilai nol. Telah ditunjukkan bahwa pengecekan anomali chiral cukup dengan meninjau dua persamaan diatas, yaitu dengan meninjau salah satu generatornya adalah

dengan T adalah generator grup tera untuk ketiga boson tera pada Gambar 1. Trace tersebut harus dihitung untuk seluruh wakilan fermion yang ada dalam model.

$U(1)$ atau ketiganya $U(1)$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model standar bebas anomali.

Variasi model

$$SU(2)_L \otimes SU(2)_R \otimes U(1)_I.$$

Dalam model left right symmetry, bentuk fermion kiri dan kanan dinyatakan dalam dublet, untuk sektor lepton:

$$l_L = \begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}_L, l_R = \begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}_R \quad (5)$$

dan untuk sektor quark

$$q_L = \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_L, q_R = \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_R. \quad (6)$$

Dengan mengasumsikan pembentukan massa untuk lepton dan quark berbeda, maka model left-right symmetry dimodifikasi pada sektor quark dengan tambahan empat partikel:

$$q_L = \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_L, q_R = \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_R, U_L, D_L, U_R, D_R \quad (7)$$

Agar model ini dapat diterima, maka model ini haruslah bebas anomali chiral. Seperti pada seksi sebelumnya, jika a, b mengacu pada $SU(2)_L$ sedangkan c untuk $U(1)_Y$, maka:

$$Tr\{Y\}_L - Tr\{Y\}_R$$

$$\begin{aligned}
 &= (2 \cdot Y_{(e,v)} + 3 \cdot 2 \cdot Y_{(u,d)} + 3Y_{(U)} + 3Y_{(D)})_L \\
 &- (2 \cdot Y_{(e,v)} + 3 \cdot 2 \cdot Y_{(u,d)} + 3Y_{(U)} + 3Y_{(D)})_R \\
 &= (2 \cdot (-1) + 3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} + 3 \cdot \frac{4}{3} - 3 \cdot \frac{2}{3}) \\
 &- (2 \cdot (-1) + 3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} + 3 \cdot \frac{4}{3} - 3 \cdot \frac{2}{3}) = 0
 \end{aligned}$$

Sedangkan jika a, b, c mengacu pada $U(1)_Y$,

$$\begin{aligned}
 &Tr\{(Y_L)^3\} - Tr\{(Y_R)^3\} \\
 &= (2 \cdot Y_{(e,v)}^3 + 3 \cdot 2 \cdot Y_{(u,d)}^3 + 3Y_{(U)}^3 + 3Y_{(D)}^3)_L \\
 &- (2 \cdot Y_{(e,v)}^3 + 3 \cdot 2 \cdot Y_{(u,d)}^3 + 3Y_{(U)}^3 + 3Y_{(D)}^3)_R \\
 &= (2 \cdot (-1)^3 + 3 \cdot 2 \cdot (\frac{1}{3})^3 + 3 \cdot (\frac{4}{3})^3 - 3 \cdot (\frac{2}{3})^3) \\
 &- (2 \cdot (-1)^3 + 3 \cdot 2 \cdot (\frac{1}{3})^3 + 3 \cdot (\frac{4}{3})^3 - 3 \cdot (\frac{2}{3})^3) = 0
 \end{aligned}$$

Dari hasil ini dapat dilihat bahwa nilainya sama dengan nol, yang artinya bahwa model ini bebas anomali chiral.

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Telah dilakukan variasi model left-right symmetry dengan

memperkenalkan partikel-partikel baru pada sektor quark.

2. Variasi model left-right symmetry ini bebas anomali chiral sehingga dapat diajukan sebagai kandidat model baru selain model standard yang telah ada.

Referensi

- [1] Collins, P.D.B., Martin, A.D., Squires, E.J., 1989, *Particle Physics and Cosmology*, John Wiley & Sons, Canada.
- [2] Pati, J.C., Salam, A., 1974, *Lepton Number As The Fourth "color"*, Physical Review D, no 1, volume 10.
- [3] Mohapatra, R.N., Senjanovic, G., 1975, *Exact Left-Right Symmetry and Spontaneous Violation of Parity*, Physical Review D, no. 11, volume 10.

