

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Model standar fisika partikel merupakan model yang memberikan dinamika evolusi partikel-partikel elementer di alam semesta dan interaksi antar partikel tersebut. Interaksi antar partikel yang terjadi di alam semesta dikelompokkan menjadi empat yaitu interaksi elektromagnetik, interaksi kuat, interaksi lemah dan interaksi gravitasi. Ketiga interaksi tersebut bersama-sama dengan interaksi gravitasi yang dikenal sebagai empat interaksi fundamental (Sari, 2010: 4-5). Akan tetapi model standar hanya mampu menjelaskan tiga dari empat interaksi fundamental yaitu interaksi elektromagnetik, interaksi lemah dan interaksi kuat. Sedangkan interaksi gravitasi tidak dimasukkan karena asumsi dari kebanyakan ilmuwan bahwa gravitasi terlalu lemah untuk berperan dalam interaksi antar partikel elementer.

Fisika partikel sejauh ini mendeskripsikan adanya dua golongan partikel elementer, yaitu fermion dan boson. Fermion terdiri dari enam buah *quark* dan enam buah lepton. Enam buah *quark* yaitu *Up* (u), dan *down* (d), *strange* (s) dan *charm* (c), dan *top* (t) dan *bottom* (b) dan enam buah lepton yaitu elektron (e) dan elektron neutrino (ν_e), muon (μ) dan muon neutrino (ν_μ), serta tau (τ) dan tau neutrino (ν_τ) (Shiddiq, 2008 :4). Sementara partikel boson terdiri atas lima partikel elementer yang menjadi mediator keempat interaksi yang terjadi yaitu foton, gluon, W boson, Z boson dan higgs boson. Keempat partikel elementer selain

higgs boson tersebut memiliki spin 1 sementara *higgs boson* memiliki spin 0. Bilangan spin 0 pada *higgs boson* ini membolehkan medan Higgs untuk muncul dalam Lagrangian secara berbeda dibandingkan dengan partikel yang lainnya (Fujji, 2012: 2).

Model ini juga memprediksikan adanya partikel pembawa interaksi W dan Z dan telah dibuktikan secara eksperimen dengan sangat teliti. Keberhasilan ini mengantarkan Glashow, Weinberg dan Salam memperoleh penghargaan nobel fisika di tahun 1979. Keberhasilan terakhir yang menjadikan model ini semakin kuat adalah penemuan partikel yang diduga kuat sebagai partikel Higgs yang bertanggung jawab terhadap pembentukan massa partikel. Partikel tersebut telah terdeteksi oleh tim ATLAS dan CMS di CERN, Genewa yang kemudian mengantarkan Higgs dan Englert memperoleh penghargaan nobel fisika di tahun 2013. Pencarian partikel *Higgs boson* sekarang memasuki fase baru dengan pengoperasian Large Hadron Collider (LHC) di CERN. Energi dari LHC harus cukup tinggi untuk dapat menciptakan *Higgs boson* (Baurer, 1959).

Pada tahun 1950 - 1960-an telah ditemukan partikel-partikel yang dinamakan *pion*, *eta*, dan *delta*. Partikel-partikel ini dinamakan *hadron*. Dari namanya, hadron memiliki massa lebih besar dari elektron, hampir sebanding dengan massa proton yang mana 2000 kali besarnya dari massa elektron. Hadron juga merupakan: *Meson* yang merupakan partikel spin 0 dan tidak berwarna yang massa-diamnya terletak antara muon dan proton. Meson terdiri dari pasangan *quark* dan anti *quark*. Suatu partikel bermuatan dan anti partikelnya memiliki massa yang sama, tetapi muatannya berlawanan (Serway, 2004). Partikel-partikel

selain partikel medan digolongkan sebagai hadron dan lepton (Efrosisin, 2012 :8). Hadron berinteraksi melalui keempat gaya fundamental. Hadron memiliki ukuran dan struktur jadi bukan merupakan partikel elementer. Hadron terbagi lagi menjadi dua jenis baryon dan meson (Lepe, 2003). Lepton tidak memiliki struktur atau ukuran dan dianggap sebagai partikel yang benar-benar elementer. Lepton hanya berinteraksi melalui gaya lemah, gravitasi dan elektromagnetik (Fujji, 2012: 3).

Teori bagaimana *quark* berinteraksi satu sama lain dikenal sebagai kromodinamika kuantum (QCD) karena mencontoh elektrodinamika kuantum, teori ini berkenaan tentang bagaimana partikel berinteraksi, dengan warna *quark* mengambil tempat muatan listrik. QCD mencoba untuk menjelaskan bagaimana *quark* membentuk hadron dengan sifat mereka dan telah meramalkan nilai dari efek yang telah diamati eksperimen partikel energi tinggi.

Model standar adalah teori medan Yang –Mills dengan simetri $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$. Ini terdiri dari sektor elektroweak, $SU(2)_L \times U(1)$; sektor yang kuat, $SU(3)$, yang disebut kuantum kromodinamik (QCD); dan sektor Higgs. Kromodinamika kuantum yang bertumpu pada $SU(3)$ menggambarkan interaksi *quark*-gluon secara kuat. Model standar merupakan salah satu pencapaian paling sukses di dalam fisika modern. Salah satu konsep paling menarik sekaligus paling penting dalam teori fisika partikel adalah perusakan simetri spontan (*Spontaneous Symmetry Breaking, SSB*). Sebelum SSB semua massa partikel sama atau degenerasi, jelas tidak sesuai dengan kenyataan di alam. Mekanisme alamiah

membangkitkan massa tanpa harus merusak sistem simetri keseluruhan kecuali keadaan vakumnya dikenal sebagai SSB.

Model standar juga menggunakan konsep perusakan simetri spontan dengan menggabungkan teori tera dari interaksi elektromagnetik dan interaksi lama. Teori penggabungan ini dikenal sebagai teori elektrolemah yang berdasarkan pada grup tera $SU(2)_L \times U(1)_Y$, dan interaksi kuat didasarkan pada grup tera $SU(3)_C$, sehingga dari penggabungan kedua teori tersebut diperoleh teori yang dapat menjelaskan ketiga interaksi dasar yang berdasar pada grup tera $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$. Meskipun merupakan teori yang kuat, model standar masih jauh dari sempurna. Solusi untuk masalah teori relativistik invarian dengan besaran vektor partikel dan kekuatan jarak, seperti dijelaskan dalam sebuah makalah yang disampaikan pada tanggal 26 Juni, Englert dan Brout termotivasi oleh karya Schwinger yang mempelajari masalah dalam model tertentu. Mereka mulai dengan teori gauge abelian digabungkan ke bidang skalar yang kompleks, yaitu skalar elektrodinamika. Mereka tidak menentukan Hamiltonian lengkap tetapi berkonsentrasi pada syarat-syarat yang melibatkan skalar dan bidang vektor (*Royal Swedish Academy of Sciences*, 2013 :2). Setelah menganalisis Englert dan Brout mempelajari masalah yang sama untuk teori gauge non-abelian dan dapat menyimpulkan bahwa dalam kasus ini mekanisme kerjanya yaitu melanggar perusakan simetri spontan dengan besaran vektor dan skalar tak bermassa. Mereka menyimpulkan bahwa mekanisme juga bekerja ketika kondensat digunakan untuk memecah simetri. Kemudian Peter Higgs dalam makalah keduanya mempelajari model yang sama sebagaimana Englert dan Brout dengan tidak menentukan

potensi skalar sepenuhnya dan menyebutnya V , tetapi diasumsikan sedemikian rupa sehingga merusak simetri spontan oleh nilai vakum $\langle \phi_2 \rangle = \phi_0$. Higgs juga menggambarkan generalisasi kasus non-abelian, yaitu SU (3), dengan skalar yang membentuk oktet. Dia menunjukkan kemungkinan memiliki dua bebas vanishing vakum dengan dugaan nilai-nilai yang dapat dipilih untuk menjadi dua *hypercharge* $Y=0$ dan isospin $I_3=0$ anggota oktet. Dia menyimpulkan bahwa jika ada mekanisme untuk interaksi lemah yang sama bisa menyebabkan besaran vektor partikel sementara foton dapat tetap tak bermassa.

Analisis Englert dan Brout dalam mempelajari masalah untuk teori gauge non-abelian yang menyimpulkan bahwa mekanisme kerjanya melanggar merusak simetri spontan dengan besaran vektor dan skalar tak bermassa dan Peter Higgs menggambarkan generalisasi kasus non-abelian yaitu SU (3), dengan skalar yang membentuk oktet. Sehingga permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana mekanisme Brout-Englert-Higgs dalam SU (3).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas adapun yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mekanisme Brout-Englert-Higgs dalam SU (3)?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji Mekanisme Brout-Englert-Higgs dalam SU (3).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan gambaran tentang kajian mekanisme Brout-Englert-Higgs dalam SU (3) kepada peneliti sehingga dapat mengaplikasikan dan mensosialisasikan pada orang lain;
2. Bermanfaat untuk mengembangkan pengetahuan terhadap orang yang mendalami ilmu Fisika khususnya pada bidang teoritik; dan
3. Sebagai kontribusi dalam jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo.