

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertengahan abad ke-20 bidang fisika teoritik telah menjadi salah satu bidang ilmu yang berkembang pesat dan mampu memberikan perubahan pada prinsip-prinsip fisika secara radikal dan dapat diuji secara eksperimental. Hal ini terbukti dengan adanya penemuan oleh para fisikawan dunia yaitu fisika partikel yang merupakan partikel penyusun materi alam semesta dalam objek fundamental.

Teori medan kuantum (*Quantum Field Theory*) merupakan suatu kerangka dasar yang dapat mendeskripsikan alam pada energi tingkat tinggi. Eksitasinya berhubungan dengan pengamatan fisik partikel dasar suatu materi serta mediator semua interaksi yang terjadi di alam (Quevedo, et al 2010 :7). Seorang Ilmuwan fisika yang bernama Stephen Weinberg memberikan suatu istilah yang dinamakan Model Standar untuk teori fisika partikel. Dalam (Shiddiq, 2008 :1) model standar ini merupakan salah satu contoh teori medan kuantum yang dikenal mampu menjelaskan semua partikel dengan presisi yang luar biasa serta dapat menggambarkan interaksi partikel-partikel yang terjadi.

Interaksi antarpartikel yang terjadi di alam semesta dapat dikelompokkan menjadi empat yaitu interaksi elektromagnetik, interaksi kuat, interaksi lemah dan interaksi gravitasi. Ketiga interaksi tersebut bersama-sama dengan interaksi gravitasi dikenal sebagai empat interaksi fundamental (Sari, 2010 : 4), dan tiga dari keempat interaksi fundamental (kecuali interaksi gravitasi) tersebut merupakan kesatuan teori yang dapat dijelaskan dalam teori model standar (Martin dan Shaw, 2008 : xv)

Partikel-partikel fundamental memiliki massa intrinsik yang dikenal sebagai massa diam. Teori-teori fisika menyatakan bahwa partikel unsur memperoleh massa dengan berinteraksi pada sebuah medan quantum yang merembesi semua realitas. Dan para peneliti eksperimen ini mulai mendeteksi medan tersebut sebagai suatu bukti langsung, yang selanjutnya medan ini dikenal sebagai Higgs. Partikel-partikel yang berinteraksi

dengan medan Higgs berperilaku seolah-olah mereka mempunyai massa, proporsional dengan kekuatan medan kali kekuatan interaksinya. Massa timbul dari suku-suku dalam Lagrangian yang mempunyai partikel-partikel dan berinteraksi dengan medan Higgs.

Fisika partikel sejauh ini mendeskripsikan adanya dua golongan partikel elementer, yaitu fermion dan boson. Fermion adalah partikel fundamental yang menyusun sebuah materi dengan memiliki spin pecahan. Fermion terdiri dari Quarks dan Lepton. Sementara partikel boson terdiri atas lima partikel elementer yang menjadi sebuah mediator keempat interaksi yang terjadi di alam semesta 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 (Martin dan G. Shaw, 2008 : 1). Bilangan spin 0 pada higgs boson ini membolehkan medan Higgs untuk muncul dalam Lagrangian secara berbeda dibandingkan dengan partikel yang lainnya. Adapun partikel Higgs yang menjadi syarat utama dalam mekanisme Higgs ini belum ditemukan. “Pencarian Higgs boson sekarang memasuki fase baru dengan pengoperasian *Large Hadron Collider (LHC)* di CERN. Energi dari LHC harus cukup tinggi untuk dapat membentuk Higgs boson” (Bauer dan Gary, 1959 : 1032).

Pada tahun 1961 Glashow membangun sebuah model untuk interaksi lemah dan interaksi elektromagnetik dari lepton yang didasarkan pada gauge invarian $SU(2) \times U(1)$. Teori ini didasarkan pada asumsi bahwa bersama dengan foton disana juga terdapat boson intermedia yaitu W boson dan Z boson (Amin, 2014 : 2).

Dalam Feranie (2009 : 16) mengatakan bahwa keberadaan foton sebagai boson gauge mendorong P. Dirac, R. Feynman dan J. Schwinger serta S.I. Tomonaga yang bekerja secara bebas telah mengembangkan teori mekanika quantum dari foton dan melahirkan sebuah teori *Quantum Electrodynamics*. Sedangkan dalam teori *electroweak* yakni sebuah teori yang menjelaskan interaksi gaya lemah dan juga gaya elektromagnetik bahwa terjadi pertukaran partikel yang dinamakan boson gauge lemah (*weak gauge boson*) menghasilkan efek terhadap interaksi gaya lemah sedangkan

pertukaran foton mengkomunikasikan interaksi elektromagnetik. Seperti juga dalam pertukaran foton, pertukaran boson gauge lemah menghasilkan gaya tarik-menarik atau tolak menolak yang bergantung pada muatan lemah partikel.

Dalam *quantum electrodynamics*, dua buah partikel seperti elektron dan foton berinteraksi melalui verteks (titik interaksi). *Quantum electrodynamics* digambarkan oleh potensial empat-vektor medan A_μ dimana komponen waktu memiliki ukuran yang relatif negatif terhadap komponen ruang. Kuat medan akan dikenalkan secara eksplisit menggunakan invarian gauge terhadap komponen listrik dan medan magnet (Royal Swedish Academy of Sciences, 2013:2). Dengan melihat teori perturbative atau dikenal sebagai perluasan S-matrix, yang pada suatu tatanan dapat digunakan untuk menurunkan amplitudo transisi untuk proses dasar dari kuantum elektrodinamika. Teori Perturbative ini menyebabkan orang untuk menafsirkan bagaimana interaksi yang dibawa oleh pertukaran virtual partikel perantara (Jorgensen, 2009 :3).

Pada teori medan quantum, medan-medan gaya digambarkan dari aneka ragam partikel elementer yang dinamakan boson, yakni partikel yang membawa gaya di antara materi-materi partikel sehingga gaya-gaya akan ditransmisikan. Gaya elektromagnetik ditransmisikan oleh boson. Dalam apa yang dinamakan Diagram Feynman, digambarkan dengan cara-cara yang mungkin ditempuh elektron ketika satu sama lain menyebar melalui gaya elektromagnetik. Dalam diagram ini, garis-garis lurus tak putus menggambarkan elektron-elektron, sedangkan garis-garis berombak/keriting menggambarkan foton (Hawking dan Mlodinov, 2010 :13-14).

Pada model standar, ada dua sektor standar model (SM) yang dipelajari secara terpisah, sektor Higgs gauge yang terdiri dari boson gauge lemah dan medan Higgs serta sektor Higgs-Yukawa yang terdiri dari medan Higgs dan fermion SM. Model Higgs-Yukawa ini adalah salah satu versi model yang sederhana dari sektor Higgs standar model dimana derajat kebebasan akan diabaikan (Akerlund dan Philippe, 2016 : 2) Dalam standar model elektrolemah sektor Higgs-Yukawa menggambarkan interaksi antara fermion dan partikel skalar. Sektor elektrolemah model standar ini

memainkan peran penting dalam pemahaman generasi massa Fermion dan boson. Selain itu, interaksi yukawa juga digunakan dalam model standar untuk menggambarkan kopling antara medan Higgs, lepton dan quark. (Gerhold, Jansen, dan Kallarackal, 2012:7-9)

Penelitian tentang interaksi partikel yang terjadi didalam sebuah inti atom dapat diterangkan menggunakan bentuk model potensial Yukawa. Sekarang ini penelitian menggunakan sektor model Yukawa semakin terus dikembangkan dalam upaya memahami perilaku dari partikel tersebut karena masih sedikitnya penelitian yang menggunakan potensial model Higgs-Yukawa.

Permasalahan yang dikaji dalam penelitian adalah jika teori kuantum elektrodinamika, dimana didalamnya mempelajari tentang beberapa partikel-partikel yang bergerak dan partikel-partikel tersebut akan di relasikan dengan menggunakan model Higgs Yukawa sehingga partikel tersebut akan terkuantisasi. Salah satu caranya dengan memperkenalkan beberapa pendekatan yaitu menggunakan transformasi gauge serta lagrangian invarian gauge. Partikel-partikel seperti boson dan fermion yang berada dalam suatu medan Higgs akan memperoleh massanya. Massa boson dapat ditentukan dengan menggunakan pendekatan lagrangian invarian gauge serta fermion menggunakan interaksi yukawa model.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang diatas yang menjadi rumusan masalah adalah Bagaimana jika *Quantum Electrodynamics* dikaji menggunakan Model Higgs-Yukawa untuk menghasilkan relasi persamaan yang mengandung suku massa partikel khususnya parameter lepton?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengkaji *Quantum Electrodynamics* menggunakan Model Higgs Yukawa untuk menghasilkan relasi persamaan yang mengandung suku massa partikel khususnya parameter lepton.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan gambaran bagi peneliti bahwa suku massa partikel khususnya lepton dapat diperoleh dengan mengkaji suatu teori.
2. Memberikan pengetahuan tambahan bagi orang yang mendalami ilmu fisika khususnya pada bidang kajian fisika prtikel
3. Memberikan pemahaman dan pengalaman kepada peneliti terhadap bidang ilmu yang diteliti.