

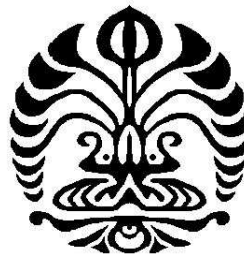
Dinamika Magnetofluida Abelian dan
non-Abelian dengan
Lagrangian Gauge



Tugas Akhir

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains

Andrias Fajarudin
0304027021



Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia
Depok
2008

Lembar Persetujuan

Judul Skripsi : Dinamika Magnetofluida dengan *Lagrangian Gauge*
Nama : Andrias Fajarudin
NPM : 0304027021

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui

Depok, Februari 2008

Mengesahkan

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. L. T. Handoko

Dr. Terry Mart

Penguji I

Penguji II

Dr. Imam Fachruddin

Dr. Agus Salam

Mengetahui,

Ketua Program Peminatan Fisika Nuklir dan Partikel

Dr. Terry Mart

Untuk keluargaku :

Abah, Mamah, Lia

'Semua akan menjadi lebih baik bila kita tetap bersama....'



Kata Pengantar

Teori *Gauge* pada fisika partikel merupakan formalisme matematik yang digunakan untuk menjelaskan unifikasi antar medan. Teori yang telah ada adalah model standar yang mengunifikasi elektromagnetisme, gaya lemah, dan gaya kuat. Untuk menjelaskan unifikasi ketiga gaya fundamental ini digunakan simetri grup $SU(3) \otimes SU(2) \otimes U(1)$. Ide unifikasi medan-medan melalui teori gauge ini memotivasi saya untuk menyusun model magnetofluida standar seperti pada magnetohidrodinamika.

Hasil eksperimen pada BNL (*Brookhaven National Laboratory*) dengan menggunakan RHIC (*Relativistic Heavy Ion Collider*) menunjukkan bahwa gluon dan quark tidak membentuk materi hadron pada temperatur yang sangat tinggi, tetapi membentuk fase baru yaitu plasma quark-gluon[2, 5]. Hasil yang diamati menunjukkan bahwa *plasma Quark-gluon* memiliki kerapatan tinggi, tetapi mengalir dengan nilai viskositas yang sangat kecil seperti fluida ideal, sehingga memenuhi hukum dasar Hidrodinamika. Untuk itulah model magnetofluida yang saya susun akan diperluas untuk kasus medan fluida non-Abelian sehingga relevan untuk sistem quark-gluon plasma. Terdapat model lain yang menjelaskan sistem QGP, yaitu dengan model *hybridmagnetofluid unification*[2]. Model yang saya buat ini sekaligus mengkoreksi model yang telah ada ini dalam hal suku kinetik pada lagrangian. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung, antara lain:

1. Allah SWT sang pemilik semesta atas segala rahmat, rejeki, dan karunia-NYA.
2. Abah, mamah, dan lia yang menjadi sumber semangat saya untuk terus

berjuang. Terimakasih untuk Abah dan mamah atas pelajaran hidupnya selama ini, saya yakin suatu saat nanti keadaan kita akan lebih baik seperti dulu lagi...

3. *Special thanks*, Terimakasih sebesar-besarnya kepada Dewi Kusumaningrum, saya tidak akan sampai di tahap ini tanpa semua bantuan, semangat, motivasi, dan perhatian dari kamu.
4. Herman Saheruddin selaku kakak, thanks telah menularkan kecanduan fisika pada saya.
5. Dr. L.T. Handoko selaku pembimbing I yang telah membimbing penulis mulai dari awal diskusi hingga penyelesaian tugas akhir ini serta atas ide-ide yang brilian dan motivasi hidup yang membuat saya menjadi lebih optimis dan yakin untuk tetap dalam bidang fisika partikel.
6. Dr. Terry Mart selaku pembimbing II dan ketua peminatan Fisika Nuklir dan Partikel atas bimbingan dan dukungan yang diberikan baik itu selama kuliah maupun pengerjaan tugas akhir ini.
7. Dr. Imam Fachrudin, Dr. Agus Salam dan Dr. Budhy Kurniawan selaku penguji I,II dan ketua sidang.
8. Rekan-rekan di Lab Teori : Sandi (Mr. Jomblo) thanks atas kebaikannya selama ini, Andhika Oxalion, Ryky, Beriya, Popo, Hans, Pak Ayung (thanks atas cerita pengalaman hidupnya), Pak Sulaiman .
9. Teman-teman fisika angkatan 2004 dan teman-teman di salemba group.

Saya menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan saya, maka dari itu saya mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi perkembangan riset di Fisika UI.

Depok, Februari 2008

Andrias Fajarudin

Abstrak

Dibangun Sebuah lagrangian untuk menyatukan interaksi elektromagnetik dan dinamika fluida. Lagrangian ini memiliki simetri terhadap transformasi gauge lokal $U(1)_{FD} \otimes U(1)_G$ dan $G(n)_{FD} \otimes G(n)_G$. Dari lagrangian ini kita akan menurunkan seluruh persamaan gerak untuk seluruh medan dan rapat energi sistem magnetofluida yang akan diaplikasikan untuk plasma quark-gluon.

Kata kunci: Transformasi *gauge* lokal, Plasma quark-gluon
viii+42 hlm.; lamp.

Daftar Acuan: 10(1945-2008)

Abstract

A lagrangian for unifies elektromagnetic interaction and fluid dynamics is developed. The lagrangian have a symmetry under local gauge transformation $U(1)_{FD} \otimes U(1)_{EM}$ and $G(n)_{FD} \otimes G(n)_G$. From this lagrangian we will derive all the equation of motion of field and the energy density of magnetofluid system which will be applied for quark-gluon plasma.

Keywords: Local gauge transformation, Quark-gluon plasma
viii+42 pp.; appendices.

References: 13(1945-2008)

Daftar Isi

Kata Pengantar	ii
Abstrak	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Metode Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
2 Magnetohidrodinamika	4
2.1 Persamaan Gerak Plasma	4
2.2 Quark dan Plasma Quark-Gluon	5
3 Unifikasi Magnetofluida dengan prinsip <i>Gauge</i>	9
3.1 Unifikasi Magnetofluida dengan Teori <i>Gauge</i> Abelian	9
3.2 Persamaan Maxwell Magnetofluida	15
3.3 Persamaan Gerak Magnetofluida untuk limit non-Relativistik	16
3.4 Model Magnetofluida dengan medan gauge non-Abelian	17
3.5 Persamaan Gerak Magnetofluida non-Abelian untuk limit non-Relativistik	20
3.6 Aplikasi Unifikasi Magnetofluida non-Abelian pada Plasma Quark-Gluon	22

4	Perhitungan Energi Magnetofluida berbasis Teori Gauge	25
4.1	Energi Plasma non-Abelian	25
4.2	Energi density QGP	28
5	Hasil dan Pembahasan	30
6	Kesimpulan	34
A	Mekanika Kuantum Relativistik	35
A.1	Aljabar Dirac	35
A.2	<i>Natural Units</i>	37
B	Analisis Tensor	39
B.1	Transformasi Koordinat	39
B.2	Vektor-Vektor Kontravarian dan Kovarian	39
B.3	Tensor-Tensor Kontravarian, Kovarian dan Tensor campuran	40
B.4	Tensor Simetrik dan Asimetrik	40
	Daftar Acuan	42

Daftar Gambar

2.1	Quark dan Gluon pada Hadron. Quark terikat bersama dengan quark lainnya (confined) dengan kondisi <i>colour-netral</i> membentuk hadron	8
2.2	Quark dan Gluon pada plasma Quark-Gluon. Quark tidak berikatan membentuk hadron tetapi bergerak bebas pada <i>fireball</i> (deconfined). <i>Fireball</i> terbentuk pada temperatur diatas 100 MeV, atau sekitar $10^{13} K$	8
5.1	H= rapat energi QGP, Hg= rapat energi gluon, $\rho_q = 1, Jq = 1, \alpha_s = 1, \phi = 0.8$	33