

TELAAH TEORI RELATIVITAS KHUSUS (TRK) BERBASIS ANALITIK KAITAN METRIK DAN ENERGETIK

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika



Oleh

Willman Faturrohman

NIM. 08121002061

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

TELAAH TEORI RELATIVITAS KHUSUS (TRK) BERBASIS ANALITIK KAITAN METRIK DAN ENERGETIK

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

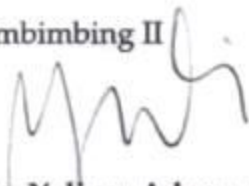
Oleh

Willman Faturrohman

NIM. 08121002061

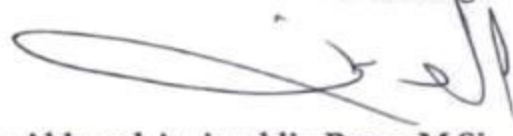
Indralaya, 18 Juli 2017

Pembimbing II



Dra. Yulinar Adnan, M.T.
NIP. 196009291992032001

Pembimbing I



Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si.
NIP. 1970091419971004

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika



Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T.
1965100111991021001



Hanya kepada Allah saya bergantung
dan berferah diri

Skripsi ini saya persembahkan untuk keluargaku tercinta:

Bapak *Iyos Suparmin* dan Ibu *Cicin Kuraesin*

Saudaraku:

*Waway Guswandi + Okti Rina, Wita Dwi Altifa + Rudi Hermanto,
Wagi Triswandi + Agnisa Restu Lestari*

Keponakanku:

Ghevira, Vanessa, Nizam, Ardi, Alfariza, De Zia.

Juga tak lupa, saya persembahkan karya ini untuk keluarga besar
SMK-IT Pertanian Bani Yasin: Pak irawan, Pak Djamaluddin, Pak Dzulfikar,
Pak Fauzan, dan Pak Yuldan.

PRAKATA



Puji syukur Alhamdulillah, atas berkat rahmat dan kuasa Allah SWT serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi yang berjudul “**Telaah Teori Relativitas Khusus (TRK) Berbasis Analitik Kaitan Metrik dan Energetik**” di bidang fisika teori dapat saya selesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana S1 di Sekolah Universitas Sriwijaya Palembang.

Tugas akhir ini membahas teori relativitas khusus (TRK) yang didasarkan pada sifat analitik kaitan metrik dan energetik melalui analisis penderetan yang berpedoman pada kedua asas TRK dan asas perpadanan serta transformasi Lorentz yang dijabarkan melalui pendekatan energetik. Pada perkuliahan sarjana S1, biasanya TRK dibahas menggunakan sejumlah percobaan angan-angan (Gedanken Eksperimenten) dan transformasi Lorentz yang dijabarkan melalui pendekatan konvensional.

Penulisan tugas akhir ini menggunakan program $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ yang disesuaikan dengan kaedah umum yang telah ditetapkan oleh Universitas Sriwijaya. Namun, terdapat sedikit modifikasi dari gaya penulisan yang berbeda dari kaedah tersebut. Program ini menyediakan fitur lengkap seperti daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar pustaka secara otomatis yang memudahkan dalam penulisan, ditambah lagi keunggulan dalam tampilan rumus matematika, dan kelengkapan notasi matematika.

Pada kesempatan ini saya ucapkan terima kasih kepada **Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si** yang telah memberikan topik skripsi dan program $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$, selain itu bimbingan, nasehat beliau, dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Saya ucapkan terima kasih juga kepada **Dra. Yulinar Adnan, M.T.** yang telah memberikan arahan dan bimbingan, selain itu bantuan berupa uang dan printer yang sangat membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa juga kepada **Drs. Arsali, M.Si** yang membantu memberikan program beasiswa pada saat akhir perkuliahan ini, serta perhatian dan nasehat bijak dari beliau. Beliau bertiga sangat perhatian dan selalu memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Atas terselseaikannya tugas akhir ini, ucapan terima kasih yang tiada terkira saya ucapkan kepada seluruh keluarga tercinta dan semua pihak diantaranya:

- Jurusan Fisika FMIPA UNSRI, Fakultas MIPA UNSRI, dan Universitas

Sriwijaya;

- DIKTI selaku pemberi beasiswa Bidik Misi selama empat tahun dan Alumni FMIPA Fisika Unsri selaku pemberi beasiswa selama menyusun tugas akhir;
- Prof. Ishak Iskandar, M.Si, selaku dekan Fakultas MIPA UNSRI;
- Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T, selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNSRI.
- Pak Ramlan, Pak Akmal Johan, dan Ibu Erni sebagai tim penguji dan telah bersedia memberikan penilaian terhadap tugas akhir ini;
- Seluruh staf dosen dan karyawan Fisika FMIPA UNSRI lainnya;
- Seluruh teman-teman fisika angkatan 2012, teman-teman seperjuangan di Mesjid Al-Ghazali UNSRI, di Pali, di OKI, dan di Inderalaya yang telah memberikan suasana kekeluargaan yang nyaman.

Saya berharap karya ini dapat bermanfaat.

Willman Faturrohman

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Persembahan	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	vi
Arti Lambang dan Singkatan	viii
Intisari	ix
Abstract	x
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Manfaat Penulisan	3
1.5 Batasan Masalah	3
Bab II Tinjauan Pustaka	4
2.1 Relativitas Newton dan Transformasi Galileo	4
2.2 Eksperimen Michelson-Morley	7
2.3 Teori Relativitas Khusus	9
2.4 Postulat Relativitas Khusus dan Transformasi Lorentz	10
2.5 Berbagai Gejala Efek Relativistik	12
2.5.1 Pemuaian waktu	12
2.5.2 Pengerutan Panjang	15
2.5.3 Relativitas Massa	17
2.5.4 Massa dan Energi	21
2.5.5 Partikel TakBermassa	23
2.6 Transformasi Lorentz	24
2.7 Penurunan Kontraksi Panjang Lorentz dan Pemuaian Waktu melalui Transformasi Lorentz	29
2.8 Penjumlahan Kecepatan	30

Bab III Metode Penelitian	32
3.1 Tempat Penelitian	32
3.2 Cara Penelitian	32
3.3 Jadwal Penelitian	33
Bab IV Hasil dan Pembahasan	34
4.1 Penjabaran Pengembangan Waktu	34
4.2 Penjabaran Energi dan Momentum Linear Relativistik	36
4.3 Penjabaran Transformasi Lorentz dan Kaedah Penjumlahan Kecepatan Einstein	40
4.4 Penurunan Pengerutan Panjang (Kontraksi) Lorentz	46
Bab V Penutup	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
Daftar Pustaka	49
Lampiran	50
L1 Pembuktian Persamaan pada BAB II	50
L1.1 Dilatasi Waktu	50
L1.2 Energi Relativistik	50
L1.3 Uraian Taylor	51
L1.4 Partikel Takbermassa	51
L1.5 Faktor Relativistik	51
L2 Pembuktian Persamaan pada BAB IV	52
L2.1 Dilatasi Waktu	52
L2.2 Penjumlahan Kecepatan	53

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

TRK	Teori Relativitas Khusus
TRU	Teori Relativitas Umum
c	Konstanta kelajuan cahaya
S	Kerangka diam
S'	Kerangka yang bergerak dengan kecepatan \vec{V} relatif terhadap kerangka lain yang dianggap diam
x^0	Komponen waktu
x^1, x^2, x^3	Komponen ruang
γ	Faktor relativistik
τ	Waktu proper
\vec{F}	Gaya
\vec{p}	Momentum
E	Energi total
E_k	Energi kinetik
E_0	Energi diam
\vec{V}	Kecepatan kerangka acuan inersial
\vec{v}	Kecepatan partikel
$\vec{v}_{//}$	Vektor kecepatan sejajar arah gerak kerangka acuan
\vec{v}_{\perp}	Vektor kecepatan tegak lurus arah gerak kerangka acuan
$\vec{p}_{//}$	Vektor momentum sejajar arah gerak kerangka acuan
\vec{p}_{\perp}	Vektor momentum tegak lurus arah gerak kerangka acuan

TELAAH TEORI RELATIVITAS KHUSUS (TRK) BERBASIS ANALITIK KAITAN METRIK DAN ENERGETIK

Oleh
Willman Faturrohman
NIM. 08121002061

INTISARI

Telah dikaji penjabaran TRK yang didasarkan pada sifat analitik kaitan metrik dan energetik melalui analisis penderetan yang berpedoman pada kedua asas TRK dan asas perpadanan. Dengan menguraikan selang waktu Δt^2 sebagai fungsi Δr^2 dalam deret McLaurinnya diperoleh faktor relativistik γ dan gejala dilatasi waktu dari koefisien deret yang memenuhi berbagai kondisi partikel. Kemudian dengan menguraikan kuadrat dari vektor momentum \vec{p} sebagai fungsi $(E - E_0)$ dalam deret Taylor diperoleh bentuk momentum dan energi relativistik yang dapat diturunkan kembali ke dalam bentuk klasiknya. Selain itu dipelajari penjabaran transformasi Lorentz melalui pendekatan energetik yang menghasilkan bentuk umum transformasi momentum-energi dan ruang-waktu yang selanjutnya dapat diturunkan untuk mencari penjumlahan kecepatan, dan kontraksi Lorentz.

Katakunci: Faktor relativistik, dilatasi waktu, kontraksi Lorentz, penjumlahan kecepatan, transformasi Lorentz.

THE STUDY OF SPECIAL RELATIVITY THEORY BASED ON METRIK AND ENERGETICALLY INTERCOURSE

By
Willman Faturrohman
NIM. 08121002061

ABSTRACT

A detailed explanation of special relativity theory that is based analytic character of metric and energetically intercourse by analysis series that is guided by two principles of special relativity theory and the principle of correspondence has been studied. by explaining time interval Δt^2 as Δr^2 function into McLaurin series obtained relativistic factor γ and time dilation from series coefficients that satisfy the conditions of particle. Then the explain from power momentum vector \vec{p} as $(E - E_0)$ into Taylor series obtained momentum and energy relativistic that can be derived into classic form. In addition it is learned a detailed explanation from Lorentz transformation by energetic approach obtained general form of momentum-energy transformation and space-time transformation that are can be derived into velocity addition and Lorentz contraction.

Keywords: Relativistic factor, time dilatation, Lorentz contraction, velocity addition, Lorentz transformation.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sir Isaac Newton (1642-1727) dikenal sebagai perintis mekanika karena keberhasilannya merumuskan hukum dasar dinamika yang merupakan landasan mekanika sistem makro. Di dalam mekanika Newtonian terdapat asumsi bahwa hukum gerak tidaklah bergantung pada pemilihan sistem koordinat. Selain itu diasumsikan bahwa hukum gerak tersebut tidak berubah terhadap transformasi dari suatu sistem koordinat ke sistem koordinat lainnya atau dengan kata lain hukum gerak bersifat invarian dalam transformasi galilean, dan sistem koordinat yang memenuhi kondisi tersebut disebut dengan sistem koordinat inersial.

Pada tahun 1905 Albert Einstein memperbaiki mekanika Newton dalam bentuk relativistik. Hukum relativitas yang pertama kali diperkenalkannya adalah relativitas khusus yang muncul secara utuh dalam makalah Albert Einstein yang berjudul "*On the Electrodynamics of Moving Bodies*" pada tanggal 30 Juni 1905. Dalam makalahnya, Einstein membangun teori bersandar pada dua dalil (postulat) dan transformasi Lorentz yang diperoleh Einstein melalui caranya sendiri yang sebenarnya telah diungkapkan H.A.Lorentz (1899). Teori relativitas khusus mempersoalkan kerangka acuan universal yang merupakan kerangka acuan yang bergerak dengan kecepatan tetap relatif terhadap kerangka acuan lain yang dianggap diam. Sepuluh tahun kemudian 1916 Einstein mengembangkan teori relativitas umum yaitu me-

ngenai gerak benda di sekitar materi yang cukup masif. Menurutnya, ruang di sekitar benda merupakan medan gaya berat seperti halnya medan magnet di sekitar batang magnet, kemunculan medan gaya berat itu disebabkan oleh ruang waktu berdimensi empat di sekitar benda tersebut melengkung.

TRK merupakan pondasi Fisika Moderen yang mengubah cara pandang waktu yang merupakan besaran mutlak atau absolut (pandangan relativitas klasik) menjadi relatif. Teori ini telah berhasil mengubah cara berpikir orang tentang alam semesta yang selama ini didasarkan pada cara pandang Newton yaitu menempatkan ruang dan waktu sebagai dua hal yang terpisah dan absolut. TRK berpedoman pada dua asas mendasar yaitu kovariansi hukum fisika dan invariansi kelajuan c di berbagai kerangka acuan.

Pada umumnya TRK disajikan dalam sejumlah percobaan angan-angan (Gedanken Experimenten) dan transformasi Lorentz yang dijabarkan melalui pendekatan konvensional (mencari variabel ruang-waktu terlebih dahulu). Dalam tugas akhir ini, penulis membahas TRK yang didasarkan pada sifat analitik kaitan metrik dan energetik melalui analisis penderetan yang berpedoman pada kedua asas TRK dan asas perpadanan serta transformasi Lorentz yang dijabarkan melalui pendekatan energetik (mencari variabel momentum-energi terlebih dahulu).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mendapatkan rumusan TRK yang didasarkan pada sifat analitik kaitan metrik dan energetik melalui analisis penderetan dan transformasi Lorentz yang dijabarkan melalui pendekatan energetik?

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan ini adalah telaah terhadap teori relativitas khusus dengan penjabaran yang didasarkan pada sifat analitik kaitan metrik dan energetik melalui analisis penderetan dan kaedah transformasi Lorentz yang dijabarkan melalui pendekatan energetik, yang umumnya tidak dijumpai dalam berbagai buku teks.

1.4 Manfaat Penulisan

Penulisan ini diharapkan dapat memperoleh manfaat yaitu:

- Menurut Muslim (1997), pendekatan secara energetik tampil lebih ringkas dan lebih sesuai apabila diterapkan untuk proses mikroskopik pada partikel elementer, mengingat data pada proses hamburan dan spektroskopi biasanya melibatkan besaran momentum dan energi.
- Secara energetik, dari modifikasi besaran momentum didapatkan bentuk umum momentum, yang jika dimasukkan syarat kelajuan materi, maka didapatkan momentum non-relativistik, dan momentum relativistik. Untuk transformasi Lorentz didapatkan bentuk transformasi Lorentz secara umum yang mencakup informasi mengenai transformasi momentum dan energi dan bentuk umum transformasi Lorentz untuk ruang-waktu.

1.5 Batasan Masalah

Kajian skripsi ini dibatasi hanya pada penyajian TRK yang didasarkan pada sifat analitik melalui analisis penderetan dan penjabaran transformasi Lorentz melalui pendekatan energetik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Relativitas Newton dan Transformasi Galileo

Paradigma klasik Newton didasarkan pada tiga hukum utama Newton tentang gerak dan hukum universal tentang gravitasi, yaitu:

- **Hukum pertama Newton:** Setiap benda akan tetap dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan dalam lintasan garis lurus kecuali ada gaya luar yang resultannya dapat mengubah keadaan itu.
- **Hukum ke-dua Newton:** Laju perubahan momentum bagi suatu benda sebanding dengan gaya yang dikenakan padanya di dalam arah gaya itu.
- **Hukum ke-tiga Newton:** Setiap aksi selalu terdapat reaksi yang sama besar dan berlawanan arah.
- **Hukum Gravitasi Newton:** Gaya gravitasi atau interaksi tarik menarik antara dua objek di alam sebanding dengan produk (perkalian) massa antara kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.

Ciri utama paradigma Newton adalah keterpisahan, kuantisasi, dan absolutisme yang merupakan hasil dari tiga paradigma yang merupakan pilar utama bagi mekanika klasik, salah satunya adalah reduksionisme. **Reduksionisme** adalah pandangan yang menganggap bahwa setiap benda terdiri atas sejumlah bagian yang masing-masing terisolasi dalam ruang dan waktu

DAFTAR PUSTAKA

- Anugraha, Rinto, 2011, *Teori Relativitas dan Kosmologi*, Yogyakarta, Fisika FMIPA UGM.
- Arya, Atam P., 1990, *Classical Mechanics*, New Jersey, Prentice-Hall, Inc. A Simon and Schuster Company Englewood Cliffs.
- Bama, Akhmad A., 2015, *Mengenal Fisika dari Paradigma, Metodologi, hingga Implementasi*, Palembang, Simetri.
- Beiser, Arthur, 1986, *Konsep Fisika Modern*, Jakarta, Airlangga.
- Farishi, Salman, 2010, *Solusi Schwarzschild untuk Perhitungan Presisi Orbit Planet-Planet di dalam Tata Surya dan Pergeseran Merah Gravitasi*, Depok, UI.
- Hidayat, Arif, 2015, *Teori Relativitas Khusus dan Teori Relativitas Newton*, artikel online, <https://www.repositoryUSU.com>, diakses 26 April 2016.
- Kusminarto, 2011, *Esensi Fisika Modern*, Yogyakarta, CV ANDI OFFSET.
- Lois, Kelvin, 2015, *Penurunan Transformasi Lorentz dengan Menggunakan Sifat Grup Transformasi dan Postulat Pertama Einstein*, Jurnal Research Gate, <https://www.researchgate.net/publication/285601143>, diakses 10 Februari 2017.
- Muslim, 1985, *Teori Relativitas Khusus*, Yogyakarta, Pasca Sarjana UGM.
- Muslim, 1997, *Teori Relativitas Khusus, Produk dan Eksponen Paradigma Simetri, Unifikasi dan Optimasi dalam Fisika Modern*, Yogyakarta, Lab Atom-Inti FMIPA UGM.
- Rahmawati, Latief, 2007, *Tinjauan Grup-Grup Simetri Teori Relativitas Khusus dalam Aljabar Kuaternion Real dan Penerapannya dalam Struktur Persamaan Dirac*, Skripsi, Yogyakarta, Fisika FMIPA UGM.
- Sinaga, P., 2010, *Fisika III*, Bandung, Pendidikan Fisika UPI.