

PERSAMAAN GERAK DAN POTENSIAL GRAVITASI SERUPA NEWTON PADA GERAK PARTIKEL TIDAK BERMASSA DALAM RUANGWAKTU REISSNER NORDSTROM 4+1

ADIB DANU WIRAWAN



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Persamaan Gerak dan Potensial Gravitasi Serupa Newton pada Gerak Partikel Tidak Bermassa dalam Ruangwaktu Reissner Nordstrom 4+1” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada IPB University.

Bogor, April 2025

Adib Danu Wirawan
G7401201033



ABSTRAK

ADIB DANU WIRAWAN. Persamaan Gerak dan Potensial Gravitasi Serupa Newton pada Gerak Partikel Tidak Bermassa dalam Ruangwaktu Reissner Nordstrom 4+1. Dibimbing oleh HUSIN ALATAS dan FAOZAN.

Metrik Reissner-Nordstrom (RN) 3+1 telah dikonstruksi pada penelitian sebelumnya. Penambahan dimensi ruang baru diperlukan guna merumuskan metrik tingkat tinggi. Penelitian ini bertujuan merumuskan metrik RN 4+1, radius singularitas, persamaan gerak dan potensial efektif serupa Newton untuk partikel tidak bermassa, serta menganalisis potensial efektif partikel di sekitar lubang hitam. Metode yang digunakan melibatkan transformasi koordinat, penurunan Lagrangian, persamaan Euler-Lagrange, dan integrasi numerik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan satu dimensi ruang dapat menghasilkan metrik RN 4+1. Komponen metrik tersebut digunakan untuk menentukan keberadaan radius singularitas. Dengan membuat Lagrangian bernilai nol didapat persamaan gerak dan potensial efektif serupa Newton untuk partikel tidak bermassa. Analisis dilakukan dengan mengintegrasikan potensial efektif ke dalam MATLAB, sehingga didapatkan visualisasi grafiknya. Variasi massa dan muatan membuat maksimum-minimum lokal bergeser, sedangkan variasi momentum sudut hanya mengubah amplitudo maksimum lokalnya.

Kata kunci: dimensi tinggi, partikel tidak bermassa, persamaan geodesik, potensial efektif, ruangwaktu Reissner-Nordstrom

ABSTRACT

ADIB DANU WIRAWAN. The equations of motion and Newtonian-like gravitational potential for the motion of a massless particle in 4+1 Reissner-Nordstrom spacetime. Supervised by HUSIN ALATAS and FAOZAN.

The Reissner-Nordstrom (RN) 3+1 metric was constructed in previous research. The addition of new spatial dimensions is needed to formulate high-level metric. This research aims to formulate the RN 4+1 metric, singularity radius, Newton-like equations of motion and effective potential for massless particles, as well as analyzing the effective potential of particles around black holes. The methods used involve coordinate transformation, derivation of the Lagrangian, Euler-Lagrange equations, and numerical integration. The research results show that adding one spatial dimension can produce RN 4+1 metric. These metric components are used to determine the presence of a singularity radius. By making the Lagrangian zero-valued, we obtain Newton-like equations of motion and effective potential for massless particles. The analysis is carried out by integrating the effective potential into MATLAB, so that a graphic visualization is obtained. Variations in mass and charge make the local maximum-minimum shift, while variations in angular momentum only change the amplitude of the local maximum.

Keywords: effective potential, geodesic equations, high dimensions, massless particles, Reissner-Nordstrom spacetime



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PERSAMAAN GERAK DAN POTENSIAL GRAVITASI SERUPA NEWTON PADA GERAK PARTIKEL TIDAK BERMASSA DALAM RUANGWAKTU REISSNER NORDSTROM 4+1

ADIB DANU WIRAWAN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr.rer.nat. Hendradi Hardhienata, S.Si., M.Si.
2. Dr. Erus Rustami, S.Si., M.Si.



Judul Skripsi : Persamaan Gerak dan Potensial Gravitasi Serupa Newton pada
Gerak Partikel Tidak Bermassa dalam Ruangwaktu Reissner
Nordstrom 4+1

Nama : Adib Danu Wirawan
NIM : G7401201033

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Husin Alatas, S.Si., M.Si.
NIP. 197106041998021001

Pembimbing 2:
Dr. Faozan, S.Si., M.Si.
NIP. 197909232007011001

Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 196809161994031001

Tanggal Ujian : 29 Juli 2026

Tanggal Lulus :



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Persamaan Gerak dan Potensial Gravitasi Serupa Newton pada Gerak Partikel Tidak Bermassa dalam Ruangwaktu Reissner Nordstrom 4+1”, sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University.

Dalam proses penulisan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua (Sudarno dan Sri Nuranijati) dan Adik (Alya Dani Widyazzahra) yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
2. Prof. Dr. Husin Alatas, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan banyak waktu untuk berdiskusi dan membimbing saya dengan sabar.
3. Dr. Faozan, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing pendamping yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
4. Dr.rer.nat. Hendradi Hardhienata, S.Si., M.Si. dan Dr. Erus Rustami, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji yang memeberikan masukan dan saran dalam penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam karya ilmiah ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran untuk meningkatkan kualitas karya ilmiah penulis ke depannya. Demikian prakata ini penulis buat, semoga karya ilmiah ini bisa bermanfaat dan sesuai dengan tujuan serta harapan.

Bogor, April 2025

Adib Danu Wirawan



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sistem Koordinat Bola Isotropik	3
2.2 Tensor	3
2.3 Persamaan Geodesik	5
2.4 Potensial Efektif Serupa Newton	5
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	8
4.1 Ruangwaktu Reissner-Nordstrom 4+1	8
4.2 Persamaan Gerak dan Potensial Efektif Serupa Newton	10
V SIMPULAN DAN SARAN	15
5.1 Simpulan	15
5.2 Saran	15
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN	18
RIWAYAT HIDUP	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Koordinat ruang 3 dimensi	3
Gambar 2 Grafik potensial efektif	6
Gambar 3 Diagram potensial efektif untuk metrik Reissner-Nordstrom	6
Gambar 4 Koordinat ruang 4 dimensi	8
Gambar 5 Potensial efektif partikel tidak bermassa dengan variasi M	12
Gambar 6 Potensial efektif partikel tidak bermassa dengan variasi Q	13
Gambar 7 Potensial efektif partikel tidak bermassa dengan variasi L	14

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Penghitungan Elemen Garis ds^2	18
Lampiran 2 Penghitungan Tensor Metrik $g_{\mu\nu}$	20
Lampiran 3 Penghitungan Singularitas dan Radius Singularitas	20
Lampiran 4 Perumusan Lagrangian	21
Lampiran 5 Perumusan Konservasi Energi-Momentum Sudut	21
Lampiran 6 Penghitungan Persamaan Gerak dan Potensial Efektif	21
Lampiran 7 Penghitungan Limit Persamaan Potensial Efektif	22
Lampiran 8 Penghitungan Energi Total E di Maksimum Lokal	23
Lampiran 9 Pemrograman MATLAB R2016a	24