

ANALISIS STRUKTUR GEOMETRI DAN EVOLUSI WAKTU PADA EINSTEIN-ROSEN BRIDGE 4+1 DIMENSI

MAULANA ADRA



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

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

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.

Perpustakaan IPB University



@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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Struktur Geometri dan Evolusi Waktu Pada Einstein-Rosen Bridge 4+1 Dimensi” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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 Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2026

Maulana Adra
G7401221082

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 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.

ABSTRAK

MAULANA ADRA. Analisis Struktur Geometri dan Evolusi Waktu Pada Einstein-Rosen Bridge 4+1 Dimensi. Dibimbing oleh HUSIN ALATAS dan ABDUL DJAMIL HUSIN.

Teori Relativitas Umum memprediksi keberadaan Einstein-Rosen Bridge, yang dalam ruangwaktu 3+1 dimensi standar bersifat tidak stabil dan mengalami kontraksi geometris dengan sangat cepat sehingga menjadi *non-traversable wormhole*. Penelitian ini bertujuan merumuskan struktur geometri ERB melalui rekonstruksi diagram *embedding* 4+1 dimensi dan menganalisis dinamika evolusi waktunya dalam kerangka koordinat Kruskal 4+1 dimensi. Metode yang digunakan mencakup modifikasi metrik silinder ke 4-dimensi, pencocokan metrik pada ruang Euclidean 4-dimensi, serta analisis evolusi waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur geometri spasial ERB 4+1 dimensi berhasil direkonstruksi tanpa merusak topologi dasarnya. Penambahan dimensi ekstra memodifikasi kelengkungan *throat* jembatan menjadi fungsi invers kosinus hiperbolik. Namun, analisis evolusi waktu Kruskal menghasilkan formulasi persamaan transendental yang mengonfirmasi bahwa radius jembatan tetap mengalami keruntuhan mutlak menuju singularitas. Implikasinya, penambahan satu derajat kebebasan spasial ekstra pada kondisi vakum tidak mampu memperlambat laju penutupan jembatan, sehingga ERB 4+1 dimensi tetap berstatus sebagai *non-traversable wormhole*.

Kata kunci: diagram *embedding*, dimensi ekstra, Einstein-Rosen Bridge, koordinat Kruskal, *wormhole*

ABSTRACT

MAULANA ADRA. Analysis of Geometric Structure and Time Evolution on a 4+1 Dimensional Einstein-Rosen Bridge. Supervised by HUSIN ALATAS and ABDUL DJAMIL HUSIN.

The standard 3+1 dimensional Einstein-Rosen Bridge predicted by General Relativity is unstable and non-traversable due to rapid geometric contraction. This study formulates the geometric structure and time evolution of a 4+1 dimensional ERB using embedding diagrams and Kruskal coordinates. The spatial geometry was successfully reconstructed by mapping a modified 4D cylindrical metric onto a 4D Euclidean space, revealing that the extra dimension alters the throat curvature into an inverse hyperbolic cosine function. However, Kruskal time evolution analysis yields a transcendental equation confirming that the bridge radius still undergoes absolute collapse to the singularity. Thus, adding a spatial extra dimension in a vacuum fails to decelerate the closure rate, and the 4+1 dimensional ERB remains a non-traversable wormhole.

Keywords: embedding diagram, extra dimension, Einstein-Rosen Bridge, Kruskal coordinates, wormhole



@Hak cipta milik 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.

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.



ANALISIS STRUKTUR GEOMETRI DAN EVOLUSI WAKTU PADA EINSTEIN-ROSEN BRIDGE 4+1 DIMENSI

MAULANA ADRA

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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Faozan, S.Si., M.Si.**
- 2 Dr. Erus Rustami, S.Si., M.Si.**



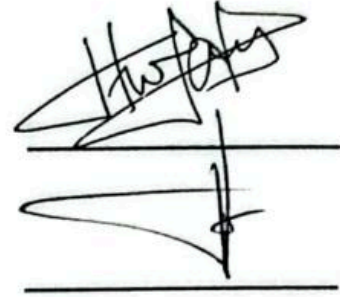
Judul Skripsi : Analisis Struktur Geometri dan Evolusi Waktu Pada Einstein-Rosen Bridge 4+1 Dimensi

Nama : Maulana Adra
NIM : G7401221082

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

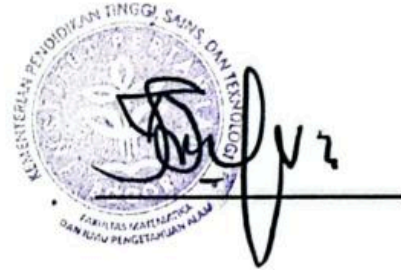
Pembimbing 1:
Prof. Dr. Husin Alatas, S.Si., M.Si.



Pembimbing 2:
Abdul Djamil Husin, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

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



Tanggal Ujian: 19 Mei 2026

Tanggal Lulus:

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 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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2025 sampai bulan Januari 2026 ini ialah Relativitas Umum, dengan judul “Analisis Struktur Geometri dan Evolusi Waktu Pada Einstein-Rosen Bridge 4+1 Dimensi”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para dosen pembimbing, Prof. Dr. Husin Alatas, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing pertama dan Abd. Djamil Husin, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu membimbing, mendampingi, memotivasi, memberi saran serta arahan kepada penulis selama penulisan penelitian ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan civitas fisika lainnya yang sering bertemu dan berdiskusi dengan penulis sehingga menjadi motivasi penulis untuk salah satunya menyelesaikan penelitian ini. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mengalami kesulitan dan penulis menyadari dalam penulisan hasil penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan hasil penelitian ini.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada mama, om rio, mama ita, uwa enung, atung, cupeng, keluarga terdekat, keluarga besar, sahabat, rekan sebangunan, teman-teman dekat, serta teman teman fisika angkatan 59 yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Penulis ucapkan juga terima kasih kepada mr. big, bon jovi, dan dream theater selaku band yang menemani penulis dalam pengerjaan hasil penelitian ini. Semoga penulisan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya, Aamiin. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Maulana Adra



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Metrik Schwarzschild dalam Koordinat 3+1 Dimensi	4
2.2 Gerak Radial Foton 3+1 Dimensi	4
2.3 Koordinat Eddington-Finkelstein 3+1 Dimensi	4
2.3.1 <i>Advanced Eddington-Finkelstein Coordinate</i>	5
2.3.2 <i>Retarded Eddington-Finkelstein Coordinate</i>	5
2.4 Koordinat Kruskal-Szekeres 3+1 Dimensi	6
2.5 Metrik Silinder 3 Dimensi	7
2.6 Struktur Geometri Einstein-Rosen Bridge 3+1 Dimensi	8
2.7 Evolusi waktu dari Einstein-Rosen Bridge 3+1 dimensi	9
2.8 Metrik Schwarzschild dalam Koordinat 4+1 Dimensi	10
2.9 Gerak Radial Foton 4+1 Dimensi	11
2.10 Koordinat Eddington-Finkelstein 4+1 dimensi	11
2.10.1 <i>Advanced Eddington-Finkelstein Coordinate</i> 4+1 dimensi	12
2.10.2 <i>Retarded Eddington-Finkelstein Coordinate</i> 4+1 dimensi	12
2.11 Koordinat Kruskal-Szekeres 4+1 dimensi	13
III METODE	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Prosedur Kerja	15
3.3.1 Studi Pustaka	15
3.3.2 Modifikasi Metrik silinder dalam 4 dimensi	15
3.3.3 <i>Embedding</i> Ruang Euclidian 4-dimensi	15
3.3.4 Analisis evolusi waktu dari Einstein-Rosen Bridge 4+1 dimensi	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Metrik silinder 4 dimensi	16
4.2 Struktur geometri Einstein-Rosen Bridge 4+1 dimensi	16
4.3 Evolusi waktu dari Einstein-Rosen Bridge 4+1 dimensi	18
V SIMPULAN DAN SARAN	20
5.1 Simpulan	20



5.2	Saran	20
	DAFTAR PUSTAKA	21
	LAMPIRAN	22
	RIWAYAT HIDUP	26

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.

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur <i>lightcone advanced Eddington-Finkelstein coordinate</i> dan <i>retarded Eddington-Finkelstein coordinate</i> (Heinicke dan Hehl 2015)	6
2	Diagram blackhole Schwarzschild dalam koordinat Kruskal (Hobson <i>et al.</i> 2006)	7
3	Struktur Einstein-Rosen Bridge dalam geometri Schwarzschild (Hobson <i>et al.</i> 2006)	9
4	Evolusi waktu dari Einstein-Rosen Bridge 3+1 dimensi (Hobson <i>et al.</i> 2006)	10
5	Diagram geometri ruangwaktu Schwarzschild dalam koordinat Kruskal 4+1	14
6	Struktur Einstein-Rosen Bridge dalam geometri Schwarzschild	18
7	Grafik solusi untuk mencari titik potong $y = x$ dan $y = \tanh x$	19

DAFTAR LAMPIRAN

8	Lampiran 1 Koordinat Silinder 4 dimensi dengan penambahan dimensi α	22
9	Lampiran 2 <i>embedding</i> untuk struktur geometri einstein-rosen bridge 4+1 dimensi	23

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.