

ANALISIS FUNGSI BENTUK PADA GEOMETRI WORMHOLE MORRIS-THORNE DALAM RUANGWAKTU 4+1 DIMENSI

NABILA YUNITA SIREGAR



**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 Fungsi Bentuk pada Geometri *Wormhole* Morris-Thorne dalam Ruangwaktu 4+1 Dimensi” 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 Institut Pertanian Bogor.

Bogor, April 2026

Nabila Yunita Siregar
G7401221024

- 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

NABILA YUNITA SIREGAR. Analisis Fungsi Bentuk pada Geometri *Wormhole* Morris-Thorne dalam Ruangwaktu 4+1 Dimensi. Dibimbing oleh HUSIN ALATAS dan FAOZAN.

Wormhole adalah struktur topologi ruangwaktu yang dapat menghubungkan dua wilayah jauh di alam semesta atau menghubungkan alam semesta yang berbeda. Salah satu aspek utama dalam menentukan bentuk spasial dari geometri *wormhole* yaitu dengan pemilihan fungsi bentuk. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik geometri *wormhole* menggunakan keempat model dari fungsi bentuk dalam kerangka ruangwaktu berdimensi lebih tinggi, yaitu 4+1 dimensi. Model yang dikaji kemudian dievaluasi syarat-syarat geometrinya. Metode yang digunakan meliputi analisis analitik terhadap fungsi bentuk dan turunannya serta pendekatan numerik untuk memvisualisasikan diagram *embedding* dari geometri *wormhole*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tiga dari empat model fungsi bentuk yang dianalisis mampu memenuhi syarat terbentuknya *throat* serta kondisi *flare-out* dan menghasilkan struktur geometri yang konsisten dengan karakteristik *wormhole*.

Kata kunci: Dimensi lebih tinggi, fungsi bentuk, kondisi *flare-out*, *wormhole*.

ABSTRACT

NABILA YUNITA SIREGAR. Shape Function Analysis of Morris-Thorne Wormhole Geometry in 4+1-Dimensional Spacetime. Supervised by HUSIN ALATAS and FAOZAN.

Wormholes are topological structures of spacetime that can connect two distant regions of the universes or link different universes. One of the main aspects in determining the spatial form of wormhole geometry is the choice of the shape function. This study aims to analyze the geometrical characteristics of a wormhole using four different shape function models within a higher-dimensional spacetime framework, specifically in 4+1 dimensions. The studied models are then evaluated based on their geometric conditions. The method used includes analytical analysis of the shape function and its derivatives, as well as a numerical approach to visualize the embedding diagram of the wormhole geometry. The results show that three out of the four analyzed shape function models satisfy the conditions for the formation of the wormhole throat and the flare-out condition, producing a geometrical structure consistent with the fundamental characteristics of a wormhole.

Keywords: Higher-dimensional spacetime, flare-out condition, shape function, wormhole.



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.

**ANALISIS FUNGSI BENTUK PADA GEOMETRI
WORMHOLE MORRIS-THORNE DALAM RUANGWAKTU
4+1 DIMENSI**

NABILA YUNITA SIREGAR

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

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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Sitti Yani, S.Si., M.Si.**
- 2 Dr. Setyanto Tri Wahyudi, S.Si., M.Si**



Judul Skripsi : Analisis Fungsi Bentuk pada Geometri *Wormhole* Morris-Thorne dalam Ruangwaktu 4+1 Dimensi
Nama : Nabila Yunita Siregar
NIM : G7401221024

@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.

Disetujui oleh

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



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



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 1968091 6199403 1 001



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 Februari 2026 ini ialah *Wormhole*, dengan judul “Analisis Fungsi Bentuk pada Geometri *Wormhole* Morris-Thorne dalam Ruangwaktu 4+1 Dimensi”.

Penelitian ini tentu tak akan berhasil tanpa bantuan banyak pihak yang membantu penulis selama proses berkuliah di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, IPB. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Husin Alatas, S.Si., M.Si., dan Bapak Dr. Faozan, S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran kepada penulis dalam proses pengerjaan karya ilmiah ini.
2. Para dosen Departemen Fisika IPB University yang telah memberikan ilmu selama berkuliah serta meningkatkan rasa ingin tahu penulis terhadap ilmu fisika.
3. Kedua orangtua penulis dan seluruh keluarga yang telah memberi doa tiada henti selama proses penelitian dan penulisan karya ilmiah ini.
4. Rekan setim penulis yaitu Safitri Aulia, Muima Safitri, Zaky Vebrian, Mohammad Kelfiana, dan Maulana Adra yang telah banyak memberikan bantuan menurunkan rumus dan memberikan masukan terkait kepenulisan.
5. Sahabat penulis yaitu Shakila Agustin, Sarmilah, Siti Puji Rahayu, Kinanthi Freda Bhanuwati, Dini Dzahaudy Baye, Azzahra Dhea Amanda, dan Reyna Wahyuningtyas yang senantiasa memberikan semangat, canda, serta tawa kepada penulis selama penulisan karya ilmiah ini.

Bogor, April 2026

Nabila Yunita Siregar



DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Wormhole</i> Morris-Thorne	3
2.2 Metrik Morris-Thorne dalam Ruangwaktu 3+1 Dimensi	3
2.3 Koordinat Silinder 3 Dimensi	4
2.4 Syarat Geometri <i>Wormhole</i> Morris-Thorne 3+1 Dimensi	4
2.5 Diagram <i>Embedding</i>	5
2.6 Metrik Schwarzschild dalam Ruangwaktu 4+1 Dimensi	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	7
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	7
3.3 Prosedur Penelitian	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Metrik Morris-Thorne 4+1 Dimensi	10
4.2 Koordinat Silinder 4 Dimensi	10
4.3 Hasil Analisis Persamaan Diferensial <i>Embedding</i>	10
4.4 Kondisi <i>Flare-out</i>	12
4.5 Hasil Analisis Fungsi Bentuk	12
4.6 Hasil dan Analisis Diagram <i>Embedding</i>	16
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	25
RIWAYAT HIDUP	29

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 GAMBAR

1	Diagram <i>embedding</i> 2D <i>wormhole</i> Morris-Thorne dalam ruangwaktu 3+1 dimensi (Morris dan Thorne 1987)	5
2	Grafik fungsi $P'(r_0)$ untuk variasi parameter β	15
3	Grafik fungsi $P'(r)$ terhadap koordinat radial r untuk variasi parameter β di sekitar <i>throat</i>	15
4	Diagram <i>embedding</i> 2D fungsi bentuk Model I	17
5	Diagram <i>embedding</i> 3D fungsi bentuk Model I	17
6	Diagram <i>embedding</i> 2D fungsi bentuk Model II untuk berbagai nilai parameter n	18
7	Diagram <i>embedding</i> 3D fungsi bentuk Model II untuk berbagai nilai parameter n : (a) $n = 0.1$, (b) $n = 1.0$, dan (c) $n = 1.5$	19
8	Diagram <i>embedding</i> 2D fungsi bentuk Model III untuk berbagai nilai parameter β	20
9	Diagram <i>embedding</i> 3D fungsi bentuk Model III untuk berbagai nilai parameter β : (a) $\beta = 0.1$, dan (b) $\beta = 0.5$	20
10	Diagram <i>embedding</i> 2D fungsi bentuk Model IV untuk berbagai parameter β : (a) $\beta = 0.1$, (b) $\beta = 0.2$, (c) $\beta = 0.3$, (d) $\beta = 0.4$, (e) $\beta = 0.5$, (f) $\beta = 0.6$, (g) $\beta = 0.7$, (h) $\beta = 0.8$, (i) $\beta = 0.9$, (j) $\beta = 1.0$	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Bagan alir penelitian	25
2	Lampiran 2 Perhitungan silinder 4 dimensi	26
3	Lampiran 3 Perhitungan kondisi <i>flare-out</i>	27



@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.