

DINAMIKA FAKTOR SKALA FRIEDMANN-LEMAITRE-ROBERTSON-WALKER DENGAN VARIASI FUNGSI LAPSE

ALFIAN HERDIYANTO



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

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

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

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Dinamika Faktor Skala Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker dengan Variasi Fungsi Lapse” 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, Januari 2025

Alfian Herdiyanto
G7401201056

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

ABSTRAK

ALFIAN HERDIYANTO. Dinamika Faktor Skala Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker dengan Variasi Fungsi Lapse. Dibimbing oleh HUSIN ALATAS dan R. TONY IBNU SUMARYADA WIJAYA PUSPITA.

Penelitian ini mengkaji dinamika faktor skala Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW) dalam kerangka kosmologi dengan memvariasikan fungsi lapse pada teori gravitasi bermassa. Model yang digunakan mempertimbangkan fungsi lapse sebagai $N = \alpha$ dan $N = a$, dengan α sebagai parameter bebas, dan a sebagai faktor skala. Metode utama yang diterapkan adalah pendekatan sistem dinamika nonlinier untuk menganalisis stabilitas dan sifat evolusi titik-titik kritis pada era kosmologi tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi fungsi lapse memengaruhi sifat stabilitas titik kritis, di mana konfigurasi $Y > 0$ cenderung menghasilkan titik kritis yang stabil pada *matter era*, sedangkan konfigurasi $Y < 0$ menunjukkan hasil yang berbeda. Temuan ini memperluas pemahaman tentang peran fungsi lapse dalam dinamika faktor skala, dengan potensi aplikasi pada model kosmologi yang melibatkan modifikasi gravitasi. Implikasi dari penelitian ini adalah pengembangan model kosmologi yang lebih komprehensif untuk menggambarkan evolusi alam semesta dengan mempertimbangkan variasi fungsi lapse sebagai parameter penting.

Kata kunci: Dinamika faktor skala, fungsi lapse, teori gravitasi bermassa, dinamika sistem nonlinear.

ABSTRACT

ALFIAN HERDIYANTO. Dynamics of Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker Scale Factor with Lapse Function Variation. Supervised by HUSIN ALATAS and R. TONY IBNU SUMARYADA WIJAYA PUSPITA.

This study examines the dynamics of the Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW) scale factor in the cosmological framework by varying the lapse function in the theory of massive gravity. The model used considers the lapse function as $N = \alpha$ and $N = a$, with α as the adjustable parameter, and a as the scale factor. The main method applied is the nonlinear dynamical system approach to analyze the stability and evolutionary properties of critical points in a particular cosmological era. The results show that the variation of the lapse function affects the stability properties of critical points, where $Y > 0$ configurations tend to produce stable critical points in the matter era, while $Y < 0$ configurations show different results. These findings expand the understanding of the role of lapse functions in scale factor dynamics, with potential applications to cosmological models involving gravitational modifications. The implication of this study is the development of a more comprehensive cosmological model to describe the evolution of the universe by considering the variation of the lapse function as an important parameter.

Keywords: Scale factor dynamics, lapse function, theory of massive gravity, nonlinear system dynamics.

@Hak cipta milik IPB University

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.



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 2025¹
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.

DINAMIKA FAKTOR SKALA FRIEDMANN-LEMAITRE-ROBERTSON-WALKER DENGAN VARIASI FUNGSI LAPSE

ALFIAN HERDIYANTO

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
2025**



@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada seminar hasil penelitian:

- 1 Dr. Faozan, S.Si., M.Si.
- 2 Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Dinamika Faktor Skala Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker
dengan Variasi Fungsi Laplace

Nama : Alfian Herdiyanto

NIM : G7401201056

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Husin Alatas, S.Si., M.Si.

NIP. 19710604 199802 1 001



Pembimbing 2:

Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita,

S.Si., M.Si.

NIP. 197205191997021001



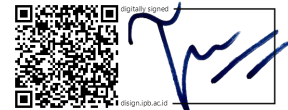
Diketahui oleh

Kepala Departemen Fisika :

Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita,

S.Si., M.Si.

NIP. 197205191997021001



Tanggal Ujian: 24 Januari 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juni sampai November 2024 ini adalah kosmologi teori gravitasi, yang berjudul “Dinamika Faktor Skala Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker dengan Variasi Fungsi Lapse”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Prof. Dr. Husin Alatas, S.Si., M.Si dan Bapak Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita, S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis dalam proses pengerjaan karya ilmiah ini. Terima kasih penulis ucapkan juga kepada para dosen di Departemen Fisika yang telah memberikan ilmu selama berkuliah serta meningkatkan rasa ingin tahu penulis terhadap ilmu fisika secara lebih mendalam. Tidak lupa juga penulis ucapkan terima kasih kepada almarhumah mamah tercinta, bapak, keluarga, dan teman-teman yang telah membantu serta mendoakan selama proses penelitian dan penulisan karya ilmiah ini.

Penulis secara pribadi menyadari bahwa dalam karya ilmiah ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran agar meningkatkan kualitas karya ilmiah penulis kedepannya. Demikian prakata ini penulis buat, semoga karya ilmiah ini bisa bermanfaat dan sesuai dengan tujuan serta harapan.

Bogor, Januari 2025

Alfian Herdiyanto

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Persamaan Medan Einstein	3
2.2 Teori dRGT	3
2.3 Metrik FLRW	4
2.4 Tensor Energi -Momentum Fluida Sempurna	4
2.5 Persamaan Friedmann	5
2.6 Persamaan Dinamika Faktor Skala a	6
2.7 Fungsi Lapse dalam Konteks Kosmologi	6
2.8 Pendekatan Dinamika Sistem	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Persamaan Dinamika Faktor Skala Baru	10
4.2 Variasi Fungsi Lapse	10
4.3 Analisis Titik Kritis	15
4.4 Representasi Titik Kritis dan Stabilitasnya	18
V SIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Simpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	24
RIWAYAT HIDUP	42



DAFTAR GAMBAR

1 Gambar 1 Contoh visualisasi titik kritis berjenis <i>saddle point</i>	19
2 Gambar 2 Contoh visualisasi titik kritis berjenis <i>center point</i>	19
3 Gambar 3 Contoh visualisasi titik kritis berjenis <i>focus point</i>	20

DAFTAR LAMPIRAN

1 Lampiran 1 Dinamika faktor skala untuk $N = \alpha$	25
2 Lampiran 2 Dinamika faktor skala untuk $N = \alpha a$	28
3 Lampiran 3 Dinamika faktor skala untuk $N = \alpha a - 1$	31
4 Lampiran 4 Dinamika faktor skala untuk $N = \alpha 1 + \alpha 2 a$	34
5 Lampiran 5 Dinamika faktor skala untuk $N = \alpha 1 + \alpha 2 a - 1$	38