

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Pernyataan	iv
Halaman Motto	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Studi Observasi Kurva Rotasi	7
2.1.1 Penelitian Kurva Rotasi Bima Sakti	7
2.1.2 Penelitian Kurva Rotasi M31	8
2.2 Studi Komparatif Λ CDM vs. MOND	9
2.2.1 Bukti Awal	9
2.2.2 Perbandingan Λ CDM dan MOND pada Bima Sakti dan M31	11

III LANDASAN TEORI	12
3.1 Struktur dan Dinamika Galaksi	12
3.1.1 Komponen Struktural Galaksi Spiral	12
3.1.2 Dinamika Galaksi Spiral	13
3.2 Kurva Rotasi Galaksi	14
3.2.1 Landasan Teoretis Dinamika Rotasi	14
3.2.2 Paradoks Rotasi Galaksi dan Bukti Materi Gelap	15
3.3 Model Λ CDM: Kerangka Kosmologi Standar	16
3.3.1 Implikasi Model Λ CDM dan Prediksi Kurva Rotasi	16
3.3.2 Keberhasilan dan Tantangan Model Λ CDM	17
3.4 Teori MOND: Paradigma Alternatif Dinamika Galaksi	17
3.4.1 Postulat Dasar dan Kerangka Konseptual	17
3.4.2 Tantangan MOND dan Perbandingan Konseptual dengan Λ CDM	18
3.5 Perbandingan Statistik Kurva Rotasi Galaksi	19
3.5.1 Kerangka Konseptual Analisis Komparatif	19
3.5.2 Prinsip Statistik dalam Evaluasi Model Kosmologis	19
3.6 Sintesis Kerangka Teoretis dan Metode	20
IV METODOLOGI PENELITIAN	21
4.1 Desain Penelitian	21
4.2 Sumber Data	21
4.2.1 Alasan Pemilihan Data Sofue (2020) dan Sofue (2015)	23
4.2.2 Parameter Model	24
4.3 Model Kecepatan Rotasi dalam Kerangka Λ CDM	27
4.3.1 Kontribusi Komponen Barion	27
4.3.2 Kontribusi Halo Materi Gelap	29
4.4 Perbandingan Model dengan MOND	29
4.4.1 Fungsi Interpolasi, Solusi Percepatan, dan Profil Kecepatan MOND	30
4.4.2 Daerah Percepatan MOND	31
4.5 Metode Perbandingan Model dan Evaluasi Statistik	32
4.5.1 Fungsi Chi-Squared, Reduced Chi-Squared, dan Koefisien Determinasi	32
4.5.2 Kriteria Informasi Akaike (AIC) dan Bayesian (BIC) serta Analisis Residual	33

4.6	Alur Kerja dan Batasan Analitik	34
4.6.1	Tahap 1: Akuisisi Data Observasi	34
4.6.2	Tahap 2: Inisialisasi Parameter Fisika	35
4.6.3	Tahap 3: Implementasi Model Teoretis	35
4.6.4	Tahap 4: Implementasi Prediksi Model	36
4.6.5	Tahap 5: Evaluasi Statistik	36
4.6.6	Validasi dan Batasan	36
V	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
5.1	Pendahuluan	37
5.2	Analisis Galaksi Bima Sakti	39
5.2.1	Model Λ CDM NFW	39
5.2.2	Model Λ CDM Core	41
5.2.3	Model MOND Standar	42
5.2.4	Model MOND Arctangent	44
5.2.5	Evaluasi Statistik dan Perbandingan Komprehensif	46
5.3	Analisis Galaksi M31	50
5.3.1	Model Λ CDM NFW	50
5.3.2	Model Λ CDM Core	51
5.3.3	Model MOND Standar	53
5.3.4	Model MOND Arctangent	55
5.3.5	Evaluasi Statistik dan Perbandingan Komprehensif	57
5.4	Diskusi Umum dan Implikasi	60
VI	KESIMPULAN DAN SARAN	63
6.1	Kesimpulan	63
6.2	Saran	64
	DAFTAR PUSTAKA	65
A	Bukti Matematis Model ΛCDM	72
A.1	Analisis Matematis Profil NFW	72
A.1.1	Profil Densitas NFW	72
A.1.2	Penurunan Rumus Kecepatan Rotasi NFW	75
A.2	Analisis Matematis Profil Core-Modified	76
A.2.1	Profil Densitas Core-Modified	76
A.2.2	Penurunan Rumus Kecepatan Rotasi Core-Modified	77

A.3	Analisis Perilaku Asimtotik	78
A.3.1	Profil NFW	78
A.3.2	Profil Core-Modified	79
B	Bukti Matematis Teori MOND	82
B.1	Analisis Solusi MOND dengan Fungsi Interpolasi Standar	82
B.1.1	Hubungan MOND dan Fungsi Interpolasi Standar	82
B.1.2	Analisis Perilaku Asimtotik dalam Berbagai Daerah	85
B.2	Analisis Solusi MOND dengan Fungsi Interpolasi Arctangent	87
B.2.1	Hubungan MOND dan Fungsi Interpolasi Arctangent	87
B.2.2	Analisis Daerah Deep-MOND dengan Ekspansi Taylor	88
B.2.3	Analisis Daerah Newton dengan Ekspansi Asimtotik	89
B.2.4	Solusi Numerik Menggunakan Metode Newton-Raphson	90
C	Bukti Matematis Metode Statistik	92
C.1	Kesetaraan Rumus AIC dan BIC	92
C.1.1	Hubungan antara Log-Likelihood dan χ^2	92
C.1.2	Kesetaraan Rumus AIC	93
C.1.3	Kesetaraan Rumus BIC	94
D	KODE KOMPUTASI	95

DAFTAR TABEL

4.1	Data Bima Sakti: Bagian 1	22
4.2	Data Bima Sakti: Bagian 2	22
4.3	Data Andromeda: Bagian 1	23
4.4	Data Andromeda: Bagian 2	23
4.5	Validasi independen terhadap hasil rekonstruksi kurva rotasi Sofue. .	24
4.6	Estimasi parameter model Galaksi Bima Sakti (MW) dan Andromeda (M31).	25
5.1	Hasil <i>fitting</i> parameter Λ CDM NFW untuk Galaksi Bima Sakti. . .	39
5.2	Hasil <i>fitting</i> parameter Λ CDM <i>core</i> untuk Galaksi Bima Sakti. . . .	41
5.3	Hasil <i>fitting</i> parameter MOND standar untuk Galaksi Bima Sakti. .	43
5.4	Hasil <i>fitting</i> parameter MOND <i>arctangent</i> untuk Galaksi Bima Sakti.	44
5.5	Hasil iterasi Newton-Raphson untuk MOND <i>arctangent</i> pada Galaksi Bima Sakti.	46
5.6	Evaluasi statistik komprehensif untuk Galaksi Bima Sakti.	47
5.7	Perbandingan berpasangan model untuk Galaksi Bima Sakti.	48
5.8	Hasil <i>fitting</i> parameter Λ CDM NFW untuk Galaksi M31.	50
5.9	Hasil <i>fitting</i> parameter Λ CDM <i>core</i> untuk Galaksi M31.	52
5.10	Hasil <i>fitting</i> parameter MOND standar untuk Galaksi M31.	54
5.11	Hasil <i>fitting</i> parameter MOND <i>arctangent</i> untuk Galaksi M31. . . .	56
5.12	Hasil iterasi Newton-Raphson untuk MOND <i>arctangent</i> pada Galaksi M31.	57
5.13	Evaluasi statistik komprehensif untuk Galaksi M31.	57
5.14	Perbandingan berpasangan model untuk Galaksi M31.	58

DAFTAR GAMBAR

3.1	Diagram skematik komponen struktural galaksi spiral.	13
4.1	Diagram alur kerja analitik penelitian.	34
5.1	Implementasi kode <i>fitting</i> TRF.	38
5.2	Kurva rotasi Galaksi Bima Sakti dengan model Λ CDM NFW.	40
5.3	Kurva rotasi Galaksi Bima Sakti dengan model Λ CDM <i>core</i>	42
5.4	Kurva rotasi Galaksi Bima Sakti dengan model MOND standar.	43
5.5	Kurva rotasi Galaksi Bima Sakti dengan model MOND <i>arctangent</i>	45
5.6	Perbandingan visual semua model untuk Galaksi Bima Sakti.	48
5.7	Residual untuk Galaksi Bima Sakti.	49
5.8	Kurva rotasi Galaksi M31 dengan model Λ CDM NFW.	51
5.9	Kurva rotasi Galaksi M31 dengan model Λ CDM <i>core</i>	53
5.10	Kurva rotasi Galaksi M31 dengan model MOND standar.	55
5.11	Kurva rotasi Galaksi M31 dengan model MOND <i>arctangent</i>	56
5.12	Perbandingan visual semua model untuk Galaksi M31.	59
5.13	Residual untuk Galaksi M31.	60