STUDI KOMPLEKSITAS KURVA CAHAYA BINTANG VARIABEL MENGGUNAKAN DIMENSI FRAKTAL

AFIFAH FIRDA ASTARI
H1021181033

SKRIPSI

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

STUDI KOMPLEKSITAS KURVA CAHAYA BINTANG VARIABEL MENGGUNAKAN DIMENSI FRAKTAL

AFIFAH FIRDA ASTARI
H1021181033

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

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Studi Kompleksitas Kurva Cahaya Bintang Variabel Menggunakan Dimensi Fraktal
Nama Mahasiswa	:	Afifah Firda Astari
NIM	:	H1021181033
Jurusan/Program Studi	:	Fisika/ Fisika
Tanggal Lulus	:	31 Juli 2025
SK Pembimbing	:	No. 67/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal: 22 Januari 2025
SK Penguji	:	No. 2333/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal: 18 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Yudha Arman, S.Si., M.Si., D.Sc.	Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP197805132003121002	NIP198412162008121003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si.	Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si.
NIP198102062006041003	NIP198107302005011002

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Yudha Arman, S.Si., M.Si., D.Sc.	Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP197805132003121002	NIP198412162008121003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Afifah Firda Astari
NIM	: H1021181033
Program Studi/ Jurusan	: Fisika / Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran intergritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 23 Juli 2025



Afifah Firda Astari
H1021181033

Studi Kompleksitas Kurva Cahaya Bintang Variabel Menggunakan Dimensi Fraktal

Abstrak

Pengamatan bintang variabel memberikan peran krusial dalam memahami proses fisik internal dan evolusi objek langit. Kurva cahayanya memberikan informasi tentang dinamika non-linear dan fenomena astrofisika yang kompleks, namun pada analisis kompleksitas kurva cahayanya pada beberapa jenis bintang tertentu belum banyak dieksplorasi secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kompleksitas temporal kurva cahaya tiga jenis bintang variable yaitu bintang Cepheid, Ap stars, dan *Spotted stars* menggunakan metode *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA). Penelitian ini juga membandingkan eksponen Hurst (H) dan dimensi fraktal (D) di antara ketiga jenis bintang tersebut untuk mengidentifikasi pola variabilitas yang berbeda, serta menginterpretasikan hasilnya dalam konteks mekanisme variabilitas masing-masing bintang. Metode ini digunakan karena efektivitasnya dalam menganalisis korelasi jangka panjang pada data deret waktu non-linear. Data kurva cahaya diambil secara acak dari arsip OGLE (*Optical Gravitational Lensing Experiment*), kemudian dianalisis untuk menghitung nilai D dan H dan selanjutnya diikuti dengan perbandingan menggunakan uji statistik ANOVA dan *Post Hoc Tukey HSD*. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada rata-rata Dimensi Fraktal dan Eksponen Hurst di antara ketiga jenis bintang variabel ($p < 0.05$). *Ap stars* memperlihatkan perilaku anti-persisten (rata-rata H = 0.3704, rata-rata D = 1.6295), *Spotted stars* cenderung persisten (rata-rata H = 0.6029, rata-rata D = 1.3970). Bintang Cepheid menunjukkan sedikit kecenderungan persisten (rata-rata H = 0.5462, rata-rata D = 1.4538). Perbedaan ini mengindikasikan variasi dalam dinamika internal dan mekanisme fundamental yang mendasari perubahan kecerahan pada masing-masing jenis bintang.

Kata kunci : bintang variabel, kurva cahaya bintang, DFA, dimensi fraktal, eksponen Hurst

Study of the Complexity of Variable Star Light Curves Using Fractal Dimension

Abstract

Observations of variable stars play a crucial role in understanding the internal physical processes and evolution of celestial objects. Their light curves provide information about non-linear dynamics and complex astrophysical phenomena; however, the analysis of the complexity of their light curves for certain types of stars has not been thoroughly explored. Therefore, this study aims to analyze the temporal complexity of the light curves of three types of variable stars, namely Cepheid stars, Ap stars, and Spotted stars, using the Detrended Fluctuation Analysis (DFA) method. This research also compares the Hurst Exponent (H) and Fractal Dimension (D) among these three types of stars to identify different variability patterns, and to interpret the results in the context of their respective variability mechanisms. This method is used due to its effectiveness in analyzing long-range correlations in non-linear time series data. Light curve data were randomly sampled from the OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment) archive, then analyzed to calculate the values of D and H, followed by comparisons using ANOVA and Post Hoc Tukey HSD statistical tests. The results show significant differences in the average Fractal Dimension and Hurst Exponent among the three types of variable stars ($p < 0.05$). Ap stars exhibit anti-persistent behavior (average H = 0.3704, average D = 1.6295), while Spotted stars tend to be persistent (average H = 0.6029, average D = 1.3970). Cepheid stars show a slight tendency towards persistence (average H = 0.5462, average D = 1.4538). These differences indicate variations in the internal dynamics and fundamental mechanisms underlying the brightness changes in each type of star.

Keywords : *variable star, light curves of stars, DFA, Fractal Dimension, Hurst Exponent*

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur senantiasa tercurah untuk Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena berkat limpahan rahmat dan pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Studi Kompleksitas Kurva Cahaya Bintang Variabel Menggunakan Dimensi Fraktal". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S. Si) bagi mahasiswa Strata Satu (S1) di Program Studi Fisika Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) universitas Tanjungpura Pontianak.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan baik pada teknis penulisan maupun materi, untuk itu besar harapan penulis mendapatkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Penyelesaian penulisan skripsi ini, penulis mendapat berbagai dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis yaitu Bapak Pitut Dwi Yoga dan Ibu Yenyarti Nurfida yang selalu mendo'akan, memberikan dukungan, dan semangat kepada penulis
2. Bapak Yudha Arman, D.Sc. selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu disela-sela kesibukan untuk memberikan bimbingan, arahan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Hasanuddin, Ph.D. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si. dosen penguji pertama yang telah banyak memberikan arahan dan masukan terhadap penelitian.
5. Bapak Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji kedua yang telah memberikan kritik dan saran dalam penelitian ini.

6. Ibu Dr. Dwiria Wahyuni, S.Si., M.Sc. , selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis.
7. Sahabat seperjuangan selama masa perkuliahan hingga akhir yang selalu memberikan semangat dan motivasi dikala *mental down* dan *overthinking* melanda serta bersedia menjadi tempat berkeluh kesah yaitu Feby Indriyani, Arrifqa Raudatul Adawiyah, Asterina, Ya'Muhammad Arsyad, Sita Yanti, Doni Damara.
8. Sahabat tersayang penulis yaitu Renyta Kristianti, Raihana Aulya, Komang Tri, Khairul Amin, Gabbriel orlando, Fedora Vania, Widya, dan Iyan.
9. Kucing tercinta yang menjadi salah satu alasan untuk tetap semangat dan tidak berhenti yaitu Eiden, Oyen, Kaka, Dzul, dan Juju
10. Keluarga besar Phygeon (Fisika 2018) yang telah memberikan dukungan dan motivasi hingga dapat sampai di titik ini.
11. Nabila Taqiyyah, Nadin Amizah, Arash Buana, Sal Priadi dan Tulus yang memberikan semangat dan motivasi melalui karya – karya indahnya
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Akhir kata, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak hingga kepada semua pihak yang membantu dalam segala hal hingga skripsi ini selesai. semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala memberikan amalan dan kebaikan yang setimpal.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Penulis

Afifah Firda Astari

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 5
1.3. Batasan Masalah 5
1.4. Tujuan Penelitian 5
1.5. Manfaat Penelitian 6
BAB II DASAR TEORI 7
2.1. Bintang Variabel 7
2.2. Bintang Cepheid 8
2.3. *Spotted stars* 10
2.4. *Ap stars* 11
2.5. Dimensi Fraktal (D) dan Eksponen Hurst (H) 11
2.6. Metode *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) 13
2.7. Metode ANOVA 13
2.8. Metode *Post Hoc Tukey* 14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 16
3.1. Rancangan Kegiatan Penelitian 16
3.2. Sumber Data Penelitian 16
3.3. Prosedur Penelitian 17
3.3.1. Studi Literatur 17
3.3.2. Pengumpulan Data 17
3.3.3. Analisis Kompleksitas dengan *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) 17
3.3.4. Uji Statistik untuk Signifikansi Perbedaan 18
3.3.5. Visualisasi Hasil 19

3.3.6. Kesimpulan 19
3.4. Analisis Data 19
3.5. Diagram Alir Penelitian 21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 22
4.1. Hasil Analisis Kompleksitas Kurva Cahaya 22
4.1.1. Gambaran Umum Data Kurva Cahaya 22
4.1.2. Penerapan Metode DFA 30
4.1.3. Hasil Eksponen Hurst dan Dimensi Fraktal 36
4.2. Analisis Perbandingan Eksponen Hurst dan Dimensi Fraktal 37
4.2.1. Statistik Deskriptif Eksponen Hurst dan Dimensi Fraktal 38
4.2.2. Hasil Uji Statistik 39
4.3. Analisis dan Interpretasi Perbandingan Nilai Dimensi Fraktal dan Eksponen Hurst pada Variabilitas Bintang 41
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 46
5.1. Simpulan 46
5.2. Saran 47
DAFTAR PUSTAKA 48
LAMPIRAN 50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva cahaya Cepheid dalam kluster vs medan galaksi 9
Gambar 2. 2 Kurva cahaya *Spotted stars* 10
Gambar 2. 3 Ilustrasi metode DFA pada sinyal biofisik 12
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian 21
Gambar 4. 1 Kurva cahaya awal, periodogram, dah Phase Folded 23
Gambar 4. 2 Kurva cahaya *Ap stars*, *Spotted stars*, dan Cepheid 27
Gambar 4. 3 Kurva log-log antara fluktuasi dan skala waktu pada *Ap stars* 29
Gambar 4. 4 Kurva log-log antara fluktuasi dan skala waktu Cepheid 33
Gambar 4. 5 Kurva log-log antara fluktuasi dan skala waktu *Spotted stars* 35
Gambar 4. 6 *Boxplot* distribusi nilai dimensi fraktal (D) pada *Ap stars*, *Spotted stars*, dan bintang Cepheid 42
Gambar 4. 7 *Boxplot* distribusi nilai eksponen Hurst (H) pada *Ap stars, Spotted stars*, dan bintang Cepheid 43

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil eksponen Hurst dan dimensi fraktal 36
Tabel 4. 2 Statistik deskriptif eksponen Hurst (H) 38
Tabel 4. 3 Statistik deskriptif dimensi fraktal (D) 38
Tabel 4. 4 Hasil uji ANOVA untuk dimensi fraktal (D)..... 39
Tabel 4. 5 Hasil uji ANOVA untuk eksponen Hurst (H)..... 40
Tabel 4. 6 Hasil uji Post Hoc Tukey HSD untuk eksponen Hurst (H) 40
Tabel 4. 7 Hasil uji Post Hoc Tukey HSD untuk Dimensi Fraktal (D) 41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Nilai dimensi fraktal dan eksponen Hurst *Ap stars* 50
Lampiran 2. Tabel Nilai dimensi fraktal dan eksponen Hurst *Spotted stars* 51
Lampiran 3. Tabel Nilai dimensi fraktal dan eksponen Hurst bintang Cepheid ... 52
Lampiran 4. Kurva cahaya awal, periodogram, dan phase folded light *Ap stars* .. 55
Lampiran 5. Kurva cahaya awal, periodogram, dan phase folded light *Spotted stars* 57
Lampiran 6. Kurva cahaya awal, periodogram, dan phase folded light Bintang Cepheid 59
Lampiran 7. Kurva cahaya *Ap stars* dalam waktu HJD dan fase 66
Lampiran 8. Kurva cahaya bintang Cepheid dalam waktu HJD dan fase..... 70
Lampiran 9. Kurva log-log antara fluktuasi dan skala waktu pada *Ap stars* 79
Lampiran 10. Kurva log-log antara fluktuasi dan skala waktu pada *Spotted stars* 81
Lampiran 11. Kurva log-log antara fluktuasi dan skala waktu pada bintang Cepheid 82

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bintang variabel memberikan peranan penting dalam perkembangan ilmu astronomi karena variasi cahayanya membantu untuk memperoleh informasi mendalam tentang pemahaman proses fisik dalam bintang. Berawal dari penemuan pertama bintang variabel O Ceti oleh David Fabricius pada tahun 1596, pengamatan terhadap perubahan kecerlangan bintang telah mengubah pandangan klasik tentang alam semesta yang dianggap statis dan tidak berubah. Variabilitas bintang menunjukkan bahwa objek langit memiliki dinamika kompleks yang dipengaruhi oleh faktor internal seperti mekanisme pulsasi dan faktor eksternal seperti interaksi bintang biner (Neuhäuser,R *et al*.,2024). Penjelasan tentang bintang tidak hanya mengungkapkan sifat fisik bintang, tetapi juga memberikan dasar penting dalam astrofisika untuk mengukur jarak kosmik dan evolusi galaksi. Kurva cahaya yang dihasilkan dari pengamatan bintang variabel menjadi alat penting dalam klasifikasi bintang guna mengidentifikasi jenis bintang dan analisis strukturnya.

Pada era modern ini, pengamatan bintang variabel tidak hanya bergantung pada survei besar dengan instrumen canggih, tetapi juga melibatkan kontribusi dari para pengamat bintang yang dapat memberikan cakupan data yang lebih luas dan informasi baru. Hal ini menunjukkan bahwa studi bintang variabel relevan dan akan memberikan wawasan baru dalam memahami dinamika alam semesta. Studi pendekatan yang dapat dilakukan untuk memahami dinamika kompleks dibalik variabilitas bintang yakni, dengan menganalisis kompleksitas kurva cahayanya. Kurva cahaya menggambarkan perubahan kecerlangan bintang terhadap waktu yang mencerminkan proses fisik dari bintang itu. Variasi kecerlangan bintang sendiri dipengaruhi beberapa faktor yaitu rotasi dan aktivitas magnetiknya pada bintik dan *plage*, pulsasi radial dan non radial pada bintang subraksasa dan raksasa, serta interaksi objek pendamping dalam sistem ganda. (Pepper J *et al*., 2013)

Gambaran bintang variabel yang menunjukkan bahwa interaksi dinamis dari beberapa faktor tersebut akan menghasilkan pola-pola yang kompleks dalam kurva cahaya seperti pada *Ap stars*, variasi kecerlangan terjadi karena bintik-bintik magnetik yang stabil dipermukaan bintang yang berotasi, sehingga pola ini berkaitan erat dengan rotasi diferensial dan medan magnet yang kuat, menciptakan fluktuasi kecerlangan yang tidak sepenuhnya periodik dan pola fluktuasi itu berpengaruh dalam jangka panjang yang nantinya akan menungkatkan kompleksitas dinamis pada kurva cahaya (Mathys G *et al*., 2020), selanjutnya pada *Spotted stars* menampilkan hubungan kuat antara kecerlangan dan rotasi diferensial, ketergantungan kuat pada suhu efektif dan rotasi ini menyebabkan variasi kecerlangan yang tidak linier dan kompleks. Fluktuasi itu tidak teratur akibat interaksi rotasi diferensial dan distribusi bintik-bintik dipermukaan bintang, sehingga itu akan menambah kompleksitas dalam pola cahaya (Rahim I *et al*., 2018). Pada cepheid, hubungan period dan kecerlangan yang presisi digunakan untuk menentukan jarak, tetapi fluktuasi kecil dalam kecerlangan dapat terjadi karena pengaruh eksternal seperti *warp* dan *flare* pada cakram galaksi yang akan menjadi sumber kompleksitas. (Chen x *et al.,* 2019). Pada ketiga bintang variabel ini menunjukkan bahwa variasi kecerlangan tidak hanya disebabkan mekanisme internal tetapi juga dipengaruhi oleh fenomena eksternal seperti medan magnet dan struktur galaksi. Pola-pola kompleks yang muncul dari variasi kecerlangan pada ketiga jenis bintang itu menunjukkan adanya ketidakberaturan menarik untuk dianalisis, oleh karena itu pendekatan analisis kompleksitas dengan dimensi fraktal dan eksponen hurst relevan untuk menjelaskan pola ketidakberaturan dan kompleksitas dalam kurva cahaya bintang variabel.

Dimensi fraktal digunakan untuk mengukur kompleksitas dan ketidakteraturan pola dalam data deret waktu, sementara itu eksponen Hurst menunjukkan keteraturan dan korelasi jangka panjang dalam data deret waktu (Sanchez M *et al*., 2012). Pada analisis deret waktu astrofisika, kedua parameter ini dapat mengungkapkan dinamika variabilitas yang mendalam, Sanchez-Granero et *et al*., (2012) menjelaskan bahwa dimensi fraktal itu generalisasi dari eksponen hurst dengan hubungan matematis $D = 2 - H$ dan efektif untuk menganalisis

kompleksitas pola jangka panjang karena dapat menghitung ketidakteraturan pada berbagai skala waktu. Beberapa peneliti juga telah menggunakan pendekatan analisis ini, seperti Penelitian Kale dan Butar butar (2005) menunjukkan bahwa dimensi fraktal efektif dalam mengukur kompleksitas pola data dan eksponen Hurst untuk mengevaluasi korelasi jangka panjang dalam deret waktu. Hal serupa juga dinyatakan pada penelitian Barbulescu *et al*., (2010) akan tetapi pada penelitian itu mereka menyoroti pentingnya memilih metode yang tepat untuk memperoleh estimasi eksponen Hurst yang akurat dan mengatasi tren jangka panjang. Adapun metode yang dimaksud yaitu menggunakan metode *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA).

Metode DFA ialah metode efektif yang digunakan dalam menganalisis korelasi jangka panjang dalam data deret waktu yang mengandung tren non-linear, sehingga dapat memberikan estimasi yang lebih akurat terhadap skala korelasi jangka panjang dalam data astronomi dibandingkan metode analisis fraktal lainnya. (De Franciscis,S *et al*., 2018). Pada analisis kurva cahaya bintang, tren non-linear muncul karena variabilitas periodik atau *noise* instrumental sehingga penggunaan DFA menjadi pilihan yang tepat. Metode ini bekerja dengan cara membagi data time series menjadi segmen-segmen kecil, menghitung fluktuasi lokal terhadap tren lokal, dan kemudian mengukur hubungan skala dari fluktuasi tersebut untuk menentukan eksponen Hurst dan dimensi fraktal.(De Franciscis,S *et al*., 2018). Penerapan metode ini telah dilakukan dalam berbagai studi sebelumnya, seperti pada penelitian Herdiwijaya dan Indradjaja (2002) analisis DFA diterapkan pada data bulanan jumlah bintik matahari dari tahun 1749 hingga 2000, hasilnya menunjukkan bahwa selama 2 abad terakhir, amplitudo meningkat dua kali lipat, sementara dimensi fraktal bervariasi antara 0,5 hingga 1,5. Sehingga hal itu mengindikasikan bahwa deret waktu jumlah bintik bersifat nonstasioner dan saling berkorelasi dalam periode 132 tahun yang artinya DFA bisa menunjukkan korelasi jangka panjang dalam deret waktu. Penelitian lain oleh Simanjuntak et al (2013) menggunakan DFA untuk menganalisis data curah hujan bulanan dibeberapa wilayah selama periode 1995 - 2009 dan menghasilkan variasi nilai eksponen fluktuasi (α) yang mengindikasikan adanya korelasi jangka panjang dalam pola

curah hujan. Gu dan Zhou (2006) juga mengembangkan DFA menjadi versi 2D untuk menghitung dimensi fraktal pada permukaan sintesis dan citra alam, hasil yang diperoleh menunjukkan metode itu bisa mengidentifikasi pola kompleksitas pada data berdimensi tinggi.

Penelitian dengan menggunakan metode DFA untuk memperoleh nilai dimensi fraktal dan eksponen Hurst telah dilakukan dalam berbagai bidang. Meskipun demikian, penerapannya dalam bidang astrofisika masih belum banyak dieksplorasi, terutama dalam menganalisis kompleksitas temporal pada kurva cahaya dari beberapa jenis bintang variabel. Analisis kompleksitas ini penting untuk memahami mekanisme variabilitas yang mendasari evolusi bintang. Dengan demikian, pada penelitian ini akan menggunakan metode DFA untuk menganalisis kompleksitas temporal pada kurva cahaya 3 jenis bintang variabel yaitu bintang Cepheid, *Ap stars*, dan *Spotted stars*. Pendekatan ini diharapkan dapat memberi informasi baru tentang dinamika variabilitas bintang tersebut. Penelitian dimulai dengan pemilihan sampel kurva cahaya secara acak dari tiga jenis bintang variabel yaitu Cepheid, *Ap stars*, dan *Spotted stars*. Data kurva cahaya diambil dari OGLE (*Optical Gravitational Lensing Experiment*) melalui arsip yang tersedia di website *astrouw* dan berdasarkan penelitian oleh Chen x *et al*.,2019 yang mengidentifikasi *missclassifications* pada cepheid. Data kurva cahaya yang diperoleh berupa time series yang merepresentasikan perubahan kecerlangan bintang terhadap waktu. Selanjutnya, kompleksitas temporal pada kurva cahaya akan dianalisis menggunakan metode DFA untuk menghitung dimensi fraktal dan eksponen Hurst. Hasil analisis ini akan dibandingkan antar jenis bintang variabel untuk mengidentifikasi pola kompleksitas yang berbeda. Pendekatan ini diharapkan dapat memberi wawasan baru tentang mekanisme variabilitas yang mendasari ketiga jenis bintang tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana Kompleksitas Kurva cahaya bintang Cepheid, *Ap stars*, dan *Spotted stars* dapat dianalisis dengan metode DFA ?
2. Apakah terdapat perbedaan signifikan dalam Eksponen Hurst dan Dimensi Fraktal diantara ketiga jenis bintang variabel tersebut ?
3. Bagaimana interpretasi perbedaan Dimensi Fraktal dan Eksponen Hurst dalam konteks mekanisme variabilitas yang berbeda pada ketiga jenis bintang variabel tersebut ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini yaitu :

1. Penelitian fokus pada analisis kompleksitas temporal kurva cahaya bintang Cepheid , *Ap stars* dan *Spotted stars* menggunakan metode DFA
2. Data set yang digunakan hanya 3 list yaitu list C untuk bintang Cepheid, list A untuk *Ap stars*, dan list G untuk *Spotted stars*. Data set itu berasal dari situs Astrouw dan menggunakan penelitian Chen x *et al*., (2019)
3. Penelitian menggunakan analisis yang dibatasi pada perhitungan Eksponen Hurst (H) dan Dimensi Fraktal (D)
4. Tidak mempertimbangkan efek eksternal seperti gangguan bintang tetangga atau pengaruh lingkungan galaksi

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk :

1. Menganalisis Kompleksitas temporal Kurva cahaya bintang Cepheid, *Ap stars*, dan *Spotted stars* menggunakan metode DFA
2. Membandingkan Eksponen Hurst dan Dimensi fraktal diantara ketiga jenis bintang variabel tersebut untuk mengidentifikasi pola variabilitas yang berbeda.
3. Menginterpretasikan hasil perbandingan dalam konteks mekanisme variabilitas yang berbeda pada bintang Cepheid, *Ap stars dan Spotted stars*

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pemahaman dinamika non-linear dalam denyut bintang cepheid dan kompleksitas temporal pada kurva cahayanya serta memberikan metode alternatif dalam analisis kurva cahaya untuk klasifikasi variabilitas bintang yang dapat digunakan dalam studi astrofisika lebih lanjut .