

EVOLUSI BINTANG DAN PERANNYA DALAM STRUKTUR GALAKSI**Hikmatul Fitria^{1*}, Chadhirotul Maflahah², Hana Istiqomah³, Dyah Permata Sari⁴**

Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Negeri Surabaya

hikmatulfitria20@gmail.com, aflacha29@gmail.com, hanaistiqomah67@gmail.com,dyahsari@unesa.ac.id*e-mail hikmatulfitria20@gmail.com*Abstrak*

Galaksi adalah kumpulan bintang, gas, dan materi gelap yang terikat oleh gravitasi. Evolusi bintang dimulai dari kondensasi awan, gas, dan debu yang membentuk bintang baru yang menyumbang energi dan elemen kimia penting. Bintang melewati tahap lahir, tumbuh, dan mati, dipengaruhi oleh massa dan komposisi. Gravitasi mengikat bintang-bintang dalam galaksi dan memicu pembentukan bintang baru dan mempengaruhi dinamika galaksi. Artikel ini berisi mengenai evolusi bintang dan dampaknya pada struktur galaksi untuk memahami perkembangan alam semesta. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan cara mengumpulkan dan menganalisis referensi dan artikel ilmiah terkait evolusi bintang dan dampaknya pada struktur galaksi. Hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa tata surya terbentuk dari cakram, gas, dan debu di sekitar bintang yang memanaskan. Evolusi bintang, dari awan molekul gas fusi nuklir, berdampak pada struktur galaksi melalui pembentukan bintang, ledakan supernova, dan akhir kehidupan bintang. Proses ini mempengaruhi komposisi kimia, distribusi massa, dan dinamika galaksi, menciptakan keragaman galaksi. Evolusi bintang berperan penting dalam membentuk dan mengubah struktur galaksi melalui interaksi kompleks antara bintang, gas, debu, dan energi.

Kata Kunci: Galaksi; Bintang; Evolusi; Supernova; Tata Surya*Abstract*

Galaxies are collections of stars, gas and dark matter bound by gravity. Stellar evolution begins with the condensation of clouds, gas and dust that form new stars that contribute energy and important chemical elements. Stars go through stages of birth, growth, and death, influenced by mass and composition. Gravity binds the stars in the galaxy and triggers the formation of new stars and influences the dynamics of the galaxy. This article discusses the evolution of stars and its impact on the structure of galaxies to understand the development of the universe. This research uses a literature study method by collecting and analyzing scientific references and articles related to stellar evolution and its impact on galaxy structure. The results and discussion show that the solar system formed from a heated disk, gas and dust around a star. The evolution of stars, from molecular clouds of nuclear fusion gas, impacts the structure of galaxies through star formation, supernova explosions, and the end of a star's life. These processes influence the chemical composition, mass distribution, and dynamics of galaxies, creating galaxy diversity. Stellar evolution plays an important role in forming and changing the structure of galaxies through complex interactions between stars, gas, dust and energy.

Keywords: Galaxies; Stars; Evolution; Supernova; Solar System

1. Pendahuluan

Istilah sains berasal dari kata latin “*scientia*” yang berarti pengetahuan. Sains pada umumnya dicirikan oleh pengumpulan dan pertimbangan informasi secara sistematis dari berbagai sumber dengan tujuan menjelaskan alam semesta dan isinya. Dalam pengertian lain, sains adalah kumpulan teori-teori yang telah terbukti menjelaskan pola-pola teratur atau tidak teratur dari fenomena-fenomena yang dipelajari secara cermat. Oleh karena itu fisika sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari [10].

Kompetensi proses dapat dikategorikan menjadi dua bidang: kompetensi proses dasar dan kompetensi proses terintegrasi. Keterampilan Proses Sains Dasar : Observasi, 31 Pengelompokan, Pengukuran, Membuat prediksi dan menarik kesimpulan. Keterampilan proses ilmiah terpadu meliputi: Mengidentifikasi, merumuskan masalah, mengembangkan hipotesis, merancang penelitian, melakukan eksperimen, mengolah dan menganalisis data, menarik kesimpulan, dan melaporkan hasil penelitian tidak serta merta dilakukan dalam bentuk alat dan teknologi; Konsep, hukum, prinsip, teori, rumus, dan pengetahuan lainnya. Selain produk dan proses dalam ilmu pengetahuan, terdapat juga aspek sikap ilmiah, yaitu sikap yang harus dimiliki ilmuwan dalam menjalankan prosedur ilmiah dan mengkomunikasikan hasil penelitiannya. Termasuk tata surya.

Galaksi merupakan sekumpulan bintang, gas, serta materi gelap yang terikat oleh gaya gravitasi [5] evolusi bintang dimulai dengan kondensasi awan, gas dan debu dan baru menjadi bintang. Pembentukan galaksi dimulai dari interaksi yang terjadi antara bintang-bintang, gas terhadap gravitasi. Bintang menghasilkan energi dan elemen kimia yang membentuk bahan dasar bagi kehidupan planet [3].

Bintang akan tumbuh berkembang dan cahaya pada bintang akan padam atau mati, bintang dilahirkan dalam nebula atau biasa dikenal sebagai awan bintang. Tahapan mulai dari lahir, tumbuh, dan matinya bintang biasa disebut dengan evolusi bintang. Perubahan struktur pada bintang sendiri yang menyebabkan terjadinya evolusi bintang. Massa dan mentalitas mempengaruhi tahapan evolusi pada bintang tunggal. Bintang yang memiliki massa besar akan mengalami evolusi yang lebih cepat dibandingkan dengan bintang yang memiliki massa lebih kecil. Bintang yang memiliki massa besar biasanya lahir dari sisa-sisa ledakan bintang dan bintang yang memiliki massa yang lebih kecil biasanya lahir dari nebula [7].

Bintang memiliki serangkaian tahap evolusi yang berbeda. tahap evolusi pada bintang memiliki dampak yang signifikan pada struktur galaksi dimana bintang-bintang tersebut berada. Bintang-bintang dalam galaksi diikat oleh gaya gravitasi. interaksi antara bintang-bintang dan gravitasi dapat memicu pembentukan bintang baru dan mempengaruhi pergerakan bintang dalam galaksi [12]. Artikel ini akan membahas secara mendalam mengenai terkait evolusi bintang dan peranya dalam struktur galaksi dan diharapkan kita dapat memperoleh wawasan yang lebih mendalam terkait bagaimana alam semesta berkembang dan berevolusi seiring berjalanya waktu.

2. Tinjauan Pustaka

Tata surya terbentuk dari sebuah piringan ketika bintang menjadi cukup panas, material berhenti tumbuh, dan piringan tersebut meledak. Ini terjadi setelah planet-planet terbentuk di sekitar bintang. Orbit planet merupakan sisa struktur piringan. Hal ini juga dapat menjelaskan mengapa semua planet berputar mengelilingi matahari dalam arah yang sama dan terletak kira-kira pada bidang yang sama.

Bola gas raksasa dan bercahaya atau biasa disebut dengan bintang. Bintang terletak jauh dari bumi, bintang memiliki ukuran, warna, suhu serta tingkat kecerahan. Ketika dilihat di bumi

bintang tampak berkelap-kelip karena letak bintang yang melewati atmosfer. Bintang dapat bergerak, dan pergerakan bintang tampak dari arah timur bergerak menuju arah barat. Pergerakan bintang tersebut disebabkan karena bumi berotasi. Novae atau bintang-bintang baru dilangit menunjukkan bahwa langit tidak kekal teori tersebut ditemukan oleh seorang astronom bernama Tycho Brahe. Adapun astronom lain berpendapat bahwa bintang merupakan matahari lain dan memiliki planet seperti bumi di dalam orbit bintang tersebut, pendapat tersebut dikemukakan oleh Giordano Bruno pada tahun 1584. Pendapat tersebut juga diusulkan oleh filsuf yunani kuno lainnya seperti Democritus dan Epicurus. Berasal dari teolog Richard Bentley, Isaac Newton juga mengusulkan bahwa bintang tersebar secara merata di langit [15].

Bintang dilahirkan di dalam awan antar bintang (nebula), kemudian berkembang dan pada akhirnya cahayanya akan padam (mati). Tahapan-tahapan inilah yang kemudian disebut evolusi bintang. Evolusi bintang ini merupakan akibat adanya perubahan struktur dalam bintang. Pada bintang tunggal evolusi bintang hanya dipengaruhi oleh massa dan mentalitasnya. Bintang yang bermassa besar tahapan evolusinya lebih cepat dari pada bintang yang bermassa kecil. Begitu pula tahapan evolusi bintang yang lahir dari sisa-sisa ledakan bintang cenderung lebih cepat dari pada bintang yang lahir dari nebula karena unsur beratnya lebih besar [9].

Evolusi bintang adalah proses perubahan bintang seiring berjalannya waktu dan perubahan bintang yang bergantung pada massanya [14]. Umur bintang sangat bervariasi, dari jutaan tahun hingga triliunan tahun yang lalu. Bintang terbentuk dari runtuhnya awan, gas, dan debu, yang biasa disebut nebula atau awan molekuler [11]. Jutaan tahun yang lalu, protobintang berada dalam keadaan setimbang yang dikenal sebagai deret utama. Evolusi bintang ganda (binary stars) khususnya bintang ganda dekat berbeda dengan evolusi bintang tunggal. Gravitasi yang ditimbulkan oleh pasangan bintang berperan penting dalam proses evolusi keduanya. Setidaknya ada tiga hal yang perlu diperhitungkan dalam evolusi bintang ganda dekat, yaitu massa total sistem, periode orbit dan rasio massa. Ketiga parameter tersebut dapat berubah selama proses evolusinya [9].

Galaksi adalah kumpulan benda-benda yang berada di ruang angkasa yang berjumlah milyaran [1]. Tata surya merupakan suatu sistem dimana benda langit berada. Matahari berada dalam salah satu galaksi yaitu, galaksi bima sakti. Gugus-gugus bintang menyusun sebuah galaksi, dan dalam suatu galaksi sendiri terdapat ratusan miliar bintang. Dalam alam semesta terdapat banyak galaksi, dan antara galaksi satu dengan lainnya memiliki letak yang jauh [16].

3. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan dan mengkaji secara teoritis buku referensi dan beberapa karya ilmiah terkait teori evolusi planet dan perannya dalam struktur galaksi. Dengan kata lain, penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur. Proses metode studi literatur meliputi identifikasi sumber-sumber utama yang relevan, evaluasi kritis terhadap metode dan penyusunan informasi secara sistematis sesuai dengan topik yang akan dibahas. Dengan demikian, artikel ini menyajikan analisis yang komprehensif dan berbasis pada pengetahuan yang telah divalidasi oleh pihak komunitas ilmiah, sehingga tidak perlu dilakukan observasi atau pengamatan secara langsung.

4. Hasil dan Pembahasan

Bintang yang terbentuk dari awan molekuler hampir seluruhnya terikat oleh gravitasi dalam cluster. Pemisahan massa telah diamati di beberapa gugus bintang, terutama pada gugus muda, dan terbukti bahwa bintang yang lebih masif cenderung terkonsentrasi di pusat gugus

dibandingkan bintang Masu yang bermassa lebih rendah. Informasi pemisahan massa memberikan petunjuk mengenai proses pembentukan dan evolusi dinamis gugus bintang. Oleh karena itu, gugus bintang muda mewakili objek menarik yang cocok untuk studi lebih rinci. Gugus bintang lahir dengan keadaan massa yang telah mengalami pemisahan massa yang disebut pemisahan massa awal. Namun, mekanisme terjadinya pemisahan massa awal masih kontroversial dan memerlukan studi lebih lanjut [6].

Pengamatan terbaru terhadap gugus bintang, yang merupakan bintang muda yang masih tertutup awan gas, menunjukkan bahwa keadaan awal gugus bintang memiliki keseimbangan dinamis yang rendah (dingin secara dinamis) dan struktur yang tidak seragam (gumpalan) menggunakan simulasi N-body untuk mempelajari pemisahan massa gugus bintang muda dan menemukan bahwa sebagian besar bintang masif tidak terbentuk langsung di pusat gugus pada awal pembentukannya. Bintang-bintang raksasa cenderung bermigrasi menuju pusat gugus dan menjadi terkonsentrasi setelah beberapa juta tahun karena masalah stabilitas di dalam gugus ketika masih muda. Proses ini disebut pemisahan massa dinamis. Semakin blok dan dingin bintang dalam sebuah cluster, semakin tinggi derajat pemisahan massa yang terjadi dalam cluster. Namun, asal usul dari massa yang terpisah (asli atau dinamis) masih belum jelas dan memerlukan studi lebih lanjut.

Pengamatan dan simulasi pemisahan massa gugus bintang muda yang berbeda memberikan hasil yang berbeda pula. Mempelajari pemisahan massa secara langsung dengan mengamati, gugus bintang muda yang masih tertutup awan gas (dikenal sebagai gugus tertanam), sangatlah sulit karena peredupan yang besar terhadap gugus tersebut. Dalam penelitian ini, kami menggunakan berbagai parameter dari data katalog terbaru untuk mempelajari pemisahan massa di beberapa gugus bintang muda (kurang dari 5 juta tahun) yang terletak di Bima Sakti. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki asal usul proses pemisahan massa (primordial atau dinamis) dari populasi bintang muda di Bima Sakti [6].

Pada tahun 1667 astronom italia bernama Geminiano Montanari merekam adanya perubahan yang terjadi pada bintang Algol. Setelah dilakukan pengukuran oleh Ptolemeus dan Hipparchus terdapat gerak dari sepasang bintang tetap yang memperlihatkan adanya perubahan posisi, perubahan posisi bintang tetap tersebut diterbitkan oleh Edmond Halley. Pada tahun 1838 dilakukan pengukuran secara langsung dengan jarak bintang 61 cygni dengan teknik paralaks, pengukuran tersebut dilakukan oleh Friedrich Bessel [15].

Astronom pertama yang menentukan persebaran bintang di langit adalah William Herschel. pada tahun 1780 William Herschel melakukan pencacahan pada 600 langit dengan daerah yang berbeda-beda. Hasil dari pencacahan tersebut disimpulkan bahwa bintang akan bertambah ke suatu arah langit, yakni pusat galaksi Bima Sakti. Putra dari William Herschel, John Herschel juga meneliti bintang dan menemukan hasil yang sama. William Herschel juga menemukan bahwa terdapat beberapa bintang yang berpasangan dan membentuk sistem bintang ganda [15].

Evolusi bintang dimulai pada saat keruntuhan gravitasi awan molekul. Awan molekul pada umumnya mengandung 6.000.000 massa matahari, dan ketika runtuh, awan tersebut pecah menjadi potongan-potongan kecil. Di dalam puing-puing ini, gas yang runtuh melepaskan energi potensial gravitasi panas. Ketika suhu dan tekanan meningkat, puing-puing tersebut mengembun menjadi bola gas panas yang berputar, yang biasa disebut protobintang. Proses evolusi bintang dipengaruhi oleh massa bintang yang terlibat. Semakin rendah massa bintang maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk berevolusi, begitu pula sebaliknya. Massa bintang juga berperan dalam fusi nuklir bintang tersebut. Selain itu, bintang mati dapat didaur ulang menjadi bintang baru [8].

Protobintang terus tumbuh dengan penambahan gas dan debu dari awan molekuler, ketika mencapai masa, protobintang menjadi bintang induk. Evolusi protobintang ditentukan oleh massanya. Interstellar medium merupakan ruang antara bintang yang terdiri dari gas dan debu, hidrogen, helium dan elemen lainnya. Dalam proses pembentukan bintang Gravitasi antar molekul berperan penting. Awan molekuler akan mengalami kondensasi dikarenakan kumpulan materi dari bintang tertarik oleh gravitasi yang terdapat antara molekul bintang. Kondensasi pada awan molekuler tersebut menyebabkan tekanan dari arah dalam meningkat yang melawan pengerutan pada bintang [7].

Reaksi fusi nuklir merupakan efek samping dari energi yang dihasilkan bintang. Reaksi fusi nuklir memancar ke luar angkasa sebagai gelombang elektromagnetik dan berkas partikel. Sinar partikel yang dipancarkan dinyatakan sebagai angin bintang dan memiliki muatan seperti proton bebas, partikel alfa, dan partikel beta. Partikel-partikel ini berasal dari luar bintang. Selain dari bagian luar bintang, terdapat emisi konstan yang disebut neutrino yang berasal dari pusat bintang [15].

Pengamatan gelombang elektromagnetik mengungkapkan bahwa bintang ini terletak jauh dari Matahari. Kisaran bintang berkisar dari panjang gelombang radio hingga sinar gamma. Untuk membuat jendela optik dan jendela radio, kita memerlukan gelombang radio dan gelombang cahaya yang merambat dari atmosfer ke bumi. Teleskop luar angkasa diciptakan untuk mengamati bintang dan panjang gelombang lainnya [15].

Evolusi bintang dimulai pada saat keruntuhan gravitasi awan molekuler [13]. Awan molekuler pada umumnya mengandung 6.000.000 massa matahari, dan ketika runtuh, awan tersebut pecah menjadi potongan-potongan kecil. Di dalam puing-puing ini, gas yang runtuh melepaskan energi potensial gravitasi panas. Ketika suhu dan tekanan meningkat, puing-puing tersebut mengembun menjadi bola gas panas yang berputar, yang biasa disebut protobintang.

Protobintang terus tumbuh dengan penambahan gas dan debu dari awan molekuler, ketika mencapai masa, protobintang menjadi bintang induk. Evolusi protobintang ditentukan oleh massanya. Interstellar medium merupakan ruang antara bintang yang terdiri dari gas dan debu, hidrogen, helium dan elemen lainnya. Dalam proses pembentukan bintang Gravitasi antar molekul berperan penting. Awan molekuler akan mengalami kondensasi dikarenakan kumpulan materi dari bintang tertarik oleh gravitasi yang terdapat antara molekul bintang. Kondensasi pada awan molekuler tersebut menyebabkan tekanan dari arah dalam meningkat yang melawan pengerutan pada bintang [7].

Reaksi fusi nuklir merupakan efek samping dari energi yang dihasilkan bintang. Reaksi fusi nuklir memancar ke luar angkasa sebagai gelombang elektromagnetik dan berkas partikel. Sinar partikel yang dipancarkan dinyatakan sebagai angin bintang dan memiliki muatan seperti proton bebas, partikel alfa, dan partikel beta. Partikel-partikel ini berasal dari luar bintang. Selain dari bagian luar bintang, terdapat emisi konstan yang disebut neutrino yang berasal dari pusat bintang [15].

Pengamatan gelombang elektromagnetik mengungkapkan bahwa bintang ini terletak jauh dari Matahari. Kisaran bintang berkisar dari panjang gelombang radio hingga sinar gamma. Untuk membuat jendela optik dan jendela radio, kita memerlukan gelombang radio dan gelombang cahaya yang merambat dari atmosfer ke bumi. Teleskop luar angkasa diciptakan untuk mengamati bintang dan panjang gelombang lainnya [15].

Evolusi bintang memiliki dampak yang signifikan pada struktur dan dinamika galaksi secara langsung melalui beberapa proses penting, termasuk pembentukan bintang, ledakan supernova, dan evolusi bintang yang berakhir. Berikut merupakan proses bagaimana peristiwa tersebut dapat mempengaruhi struktur galaksi:

4.1 Pembentukan Bintang: Proses pembentukan bintang terjadi di awan molekul yang kaya akan gas dan debu di galaksi. Gravitasi mulai mendominasi, menyebabkan awan tersebut mulai menyusut. Ketika massa awan mencapai titik tertentu, tekanan dan suhu di inti akan meningkat yang memicu terjadinya reaksi nuklir dan pembakaran hidrogen didalamnya. Bintang-bintang yang baru terbentuk mengeluarkan energi dalam bentuk cahaya dan panas. Proses pembentukan bintang tersebut dapat mengubah komposisi dan struktur galaksi secara bertahap, karena bintang-bintang yang baru terbentuk akan menyebarkan energi. Energi yang disebarkan dapat mempengaruhi medium antarbintang di sekitarnya, dan memberikan materi dan energi ke galaksi [4].

4.2 Ledakan Supernova: Ketika bintang masif mencapai akhir hidupnya, mereka dapat mengalami ledakan supernova yang spektakuler. Ledakan supernova melepaskan energi luar biasa dan memancarkan materi ke ruang angkasa. Hal tersebut merupakan proses alami yang paling *energi* dalam alam semesta. Ledakan supernova dapat menciptakan gelombang kejut yang dapat merambat ke luar pusat ledakan dan dapat mempengaruhi medium antarbintang di galaksi. Ledakan supernova juga dapat menjadi awal pembentukan bintang baru dengan menyebarkan materi dan merancang kompresi awan molekul di sekitarnya. Selain itu, ledakan supernova melepaskan elemen-elemen kimia yang dihasilkan dalam reaksi nuklir bintang ke medium antarbintang yang dapat memperbanyak medium tersebut dengan elemen-elemen yang lebih berat. Hal tersebut sangat penting karena elemen-elemen ini akan digunakan dalam pembentukan bintang-bintang dan planet di masa mendatang.

4.3 Akhir Evolusi Bintang: Sebuah bintang di akhir masa hidupnya mungkin mengalami skenario berbeda tergantung pada massa awalnya. Bintang mirip Matahari dapat tumbuh menjadi raksasa merah dan kemudian mengeluarkan lapisan luarnya hingga membentuk nebula planet. Di sisi lain, bintang yang jauh lebih masif dapat meledak sebagai supernova, meninggalkan sisa-sisa seperti bintang neutron atau lubang hitam [2]. Proses evolusi ini mengubah komposisi kimia dan distribusi massa di dalam galaksi, yang dapat mempengaruhi pembentukan bintang-bintang baru dan evolusi galaksi secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, evolusi bintang memainkan peran penting dalam membentuk dan mengubah struktur dan dinamika galaksi melalui interaksi kompleks antara bintang, gas, debu, dan energi di dalam galaksi. Ini adalah proses yang terus-menerus mengubah sifat-sifat galaksi dan menciptakan keragaman yang terlihat di alam semesta.

5. Simpulan

Artikel ini menjelaskan mengenai evolusi bintang dan pengaruhnya terhadap struktur galaksi. Bintang, terbentuk dari awan molekul dari awan, molekul gas, dan debu yang berperan penting dalam memberikan energi dan elemen kimia ke alam semesta. Tahap-tahap evolusi bintang yaitu mulai dari pembentukan hingga hingga akhir kehidupan bintang yang berdampak signifikan dalam dinamika galaksi melalui pembentukan bintang baru, ledakan supernova, dan transformasi menjadi objek hitam seperti bintang neutron atau lubang hitam. Penelitian literatur menunjukkan bahwa interaksi antara bintang, gas, debu, dan energi dapat menciptakan keragaman galaksi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menjelaskan bagaimana proses-proses ini secara mendetail.

Daftar Referensi

- [1] G. Afifah, S. Ayub, H. Sahidu, S. Menengah, and A. Negeri, "Konsep Alam Semesta Dalam Perspektif Al-Quran dan Sains," *Geosci. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–10, 2020.
- [2] A. Brilianza, M. Jannah, and A. M. Hamdan, *Lubang Hitam: Sebuah Pengantar Populer*,

- vol. 3, no. 1. 2021.
- [3] Firdaus *et al.*, “Makna Kata Buruj dalam Al-Qur’an Perspektif Pengamatan Astronomis,” *Al-Afaq*, vol. 5, no. 2, pp. 195–210, 2023.
- [4] I. Ihsan, “Implementasi Model Pembelajaran Quantum Teaching Perspektif Fisika dan Ayat-ayat Semesta dalam Konsep Energi pada Siswa Kelas XI IPA MAN 2 Model ...,” 2014, [Online]. Available: <http://repositori.uin-alaududin.ac.id/7574/>
- [5] I. Sulistari, “Matahari dan Fungsinya Perspektif Tafsir Sains,” *Qaf J. Ilmu Al-Qur’an dan Tafsir*, vol. 5, no. 1, pp. 40–61, 2023, doi: 10.59579/qaf.v5i1.3967.
- [6] R. Darma, R. M. Nurhidayat, and ..., “Implementasi Algoritma Minimum Spanning Tree dalam Investigasi Segregasi Massa Gugus Bintang Berusia Muda,” *Semin. Nas. ...*, vol. 0, no. June, 2019, [Online]. Available: <http://proceedings2.upi.edu/index.php/sinafi/article/view/826%0Ahttp://proceedings2.upi.edu/index.php/sinafi/article/download/826/743>
- [7] M. Abu Kamal, “Structure and Chemical Composition Analysis of the Evolutionary Stages of a Primary Star with a Mass of Tipe Algol,” *Interdiscip. J. Soc. Sci. Educ.*, vol. 1, no. 1, pp. 61–76, 2023, doi: 10.53639/ijssse.v1i1.3.
- [8] E. B. Perkasa, F. P. Juniawan, and D. Y. Sylfania, “Algoritma Evolusi Bintang dan Terapannya Dalam Pembangkitan Nilai Acak,” *CITISEE. Purwokerto*, pp. 22–27, 2017, [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/56486002/Algoritma_Evolusi_Bintang_dan_Terapannya_Dalam_Pembangkitan_Nilai_Acak.pdf
- [9] M. A. Kamal and A. Melati, “Analisis Struktur Dan Komposisi Kimia Pada Tahapan Evolusi Bintang Primer Bermassa? .??? ● Tipe Algol,” vol. 1, no. 4, 2023.
- [10] I. K. Mahardika, S. Handon, Ernasari, H. A. Rofida, F. Zahro, and M. A. Seftiyani, “Jurnal Pendidikan Ilmiah Transformatif,” *Hakikat Fis. Sebagai Pilar Kehidup.*, vol. 7, no. 12, pp. 30–34, 2023.
- [11] Y. Yahya, “Makna Sijjil Dalam Al-Qur’an Dan Relevansinya Dengan Ilmu Astronomi,” p. 29, 2021.
- [12] D. Harefa, *Teori Ilmu Kealaman Dasar Kajian untuk Mahasiswa Pendidikan Guru dan Akademis*. First Edition. Sleman: Deepublish, 2020
- [13] A. A. P. Negara, “Studi Laju Kehilangan Massa pada Evolusi Bintang Red Supergiant (RSG),” Skripsi, Dapertemen Fisika, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2023.
- [14] Rahmatiyah, I. Nuryanneti, M. Djamil, N. F. S. Sundari, S. Setyaningrum, Mirnawati, Arda, M. A. masruhim, e. L. Abute, Saktisyahputra, D. Suprayitno, *Buku Ajar Ilmiah Dasar*. First Edition. Jambi: Sonpedia Publishing Indonesia. 2024
- [15] Khamim, *Seri Sains Bintang*. Semarang: Alprin. 2020
- [16] K. Khoiriyah, “Evolusi Bintang pada Pembentukan Tata Surya dan Sistem Keplanetan,” *J. Ilm. Pendidik. Fis. Al-Biruni*, vol. 5, no. 2, pp. 245–256, 2016, doi: 10.24042/jpifalbiruni.v5i2.124.
- [17] R. W. Romadhonia, “Special Issue in Multidisciplinary Academics related Astronomy Background Penerapan Finite Element Method Pada Pemodelan Piringan Galaksi : Mestel Model , Piffl Model,” vol. 3, no. 2, pp. 44–49, 2019.