

Analisis Literatur: Peran Fisika Teoretis dalam Memahami Konsep Black Hole Melalui Media Komik

Riski Abdillah^{1)*}, Senina Jeni²⁾, Yulia Masita³⁾, Lina Afkarina⁴⁾, I Ketut Mahardika⁵⁾, Kendid Mahmudi⁶⁾.
^{1)*}Universitas Jember, Jember, Indonesia, kendidmahmudi.fkip@unej.c.id, abdillahriski87@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai konsep dasar astrofisika, terutama terkait fenomena lubang hitam, dengan menyoroti miskonsepsi yang sering terjadi. Metode penelitian menggunakan studi literatur dengan pendekatan kualitatif, di mana data dikumpulkan dari jurnal, artikel ilmiah, dan dokumen relevan lainnya. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa sebagian besar mahasiswa masih mengalami kesalahpahaman atau tidak memahami konsep-konsep seperti singularitas, horizon peristiwa, dan kelengkungan ruang-waktu. Pemahaman mengenai lubang hitam didasarkan pada teori relativitas umum Albert Einstein, yang menjelaskan bahwa massa besar menyebabkan kelengkungan ruang-waktu hingga menciptakan singularitas. Singularitas merupakan titik dengan kerapatan dan gravitasi tak terhingga, yang menjadi dasar teori tentang lubang hitam. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya media pembelajaran visual dalam mempermudah pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep yang abstrak. Salah satu media yang efektif adalah komik, yang mampu menyederhanakan materi fisika teoretis dengan pendekatan visual dan naratif. Komik dapat menjelaskan konsep seperti pelengkungan ruang-waktu dan radiasi lubang hitam dengan cara yang lebih mudah dipahami. Dengan demikian, komik direkomendasikan sebagai alat pembelajaran inovatif untuk membantu mahasiswa memahami konsep dasar astrofisika. Pendekatan ini juga dapat meningkatkan minat belajar mahasiswa terhadap materi-materi ilmiah yang bersifat kompleks.

Kata Kunci: *astrofisika, komik, lubang hitam, relativitas umum*

Abstract

This study aims to enhance students' understanding of basic astrophysics concepts, particularly regarding black holes, while addressing common misconceptions. The research employs a literature review method with a qualitative approach, gathering data from journals, scientific articles, and relevant documents. The findings reveal that many students still misunderstand or lack knowledge about concepts such as singularity, event horizon, and spacetime curvature. The understanding of black holes is rooted in Albert Einstein's general theory of relativity, which explains that massive objects cause spacetime curvature, leading to the formation of singularities. Singularities are points of infinite density and gravity, serving as the theoretical foundation of black holes. This study also highlights the importance of visual learning media in simplifying abstract concepts for students. One effective medium is comics, which can simplify theoretical physics concepts through visual and narrative approaches. Comics effectively explain ideas like spacetime curvature and black hole radiation in a way that is easier to grasp. Therefore, comics are recommended as an innovative learning tool to help students better understand basic astrophysics concepts. This approach also has the potential to increase students' interest in studying complex scientific topics..

Keywords: *astrophysics, black holes, comics, general relativity, learning media*

PENDAHULUAN

Alam semesta, sejak zaman purba hingga kini, telah menjadi cerminan bagi peradaban manusia. Dari sekadar objek pemujaan dan simbol kosmik, benda-benda langit kini telah menjadi objek studi ilmiah yang mendalam. Pergerakan planet, bintang, dan galaksi tidak hanya menginspirasi mitos dan kepercayaan, tetapi juga memberikan pemahaman mendasar tentang siklus kehidupan dan kematian, baik dalam skala kosmik maupun dalam kehidupan manusia. Dengan kemajuan teknologi, manusia mampu mengungkap rahasia bintang-bintang yang jauh, mengukur sifat fisiknya, dan melacak evolusi mereka. Melalui astronomi, kita tidak hanya menjelajahi alam semesta yang luas, tetapi juga menemukan tempat kita di dalamnya.

Salah satu fenomena alam yang cukup menarik dan kerap kali menjadi topik pembicaraan di kalangan para ilmuwan yaitu mengenai black hole atau lubang hitam. Lubang hitam adalah wilayah di alam semesta dengan gravitasi yang sangat kuat sehingga bahkan cahaya pun tidak dapat melarikan diri. Fenomena kosmik ini terbentuk ketika bintang masif kehabisan bahan bakar dan runtuh di bawah pengaruh gravitasinya sendiri. Batas di mana sebuah bintang runtuh menjadi lubang hitam disebut radius Schwarzschild. Karena tidak memancarkan cahaya, lubang hitam tidak dapat diamati secara langsung. Namun, para ilmuwan dapat mendeteksi keberadaan lubang hitam melalui pengaruh gravitasinya terhadap benda-benda langit di sekitarnya. Dengan mengamati cahaya yang terdistorsi oleh gravitasi lubang hitam, kita dapat mempelajari sifat-sifat unik dari objek kosmik yang misterius ini. Di pusat lubang hitam terdapat singularitas, sebuah titik dengan kerapatan tak terhingga yang menandai batas pemahaman kita tentang fisika (Setiawan et al., 2021).

Akan tetapi, permasalahan yang terjadi yaitu masih terdapat beberapa mahasiswa yang mengalami miskonsepsi atau bahkan tidak mengetahui sama sekali mengenai konsep-konsep dasar dari astrofisika. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Aviyanti dan Utami (2011) mengenai pemahaman mahasiswa tentang konsep dasar astrofisika, menunjukkan hasil yang mengejutkan. Hasil tes yang diperoleh menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa mengenai asal usul tata surya masih sangat lemah. Hanya 6,7% mahasiswa yang dapat menghubungkan pembentukan bintang dengan munculnya planet-planet. Data ini menyoroti pentingnya pembelajaran yang lebih mendalam tentang topik ini.

Berdasarkan hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Ariska dkk., diperoleh data hasil analisis tes diagnostik two-tier multiple choice yang mengungkapkan fakta mengejutkan: Sebanyak 15% mahasiswa ternyata memiliki konsep yang salah (miskonsepsi) tentang astrofisika sebelum memulai perkuliahan. Lebih mengkhawatirkan lagi, 36% mahasiswa lainnya sama sekali tidak memahami konsep-konsep dasar astrofisika (Ariska et al., 2021).

Permasalahan di atas tentunya juga tidak lepas dari minimnya literasi masyarakat Indonesia. Berdasarkan laporan UNDP tahun 2010, Indonesia menempati peringkat ke-112 dari 175 negara dalam Indeks Pembangunan Manusia, yang menunjukkan tingkat perkembangan yang masih rendah. Data dari UNESCO pada tahun 2011 juga mengungkapkan bahwa minat baca masyarakat Indonesia sangat rendah, dengan indeks membaca hanya mencapai sekitar 0,001 (Nudiati dan Sudiapermana, 2020).

Data yang telah diperoleh dari beberapa sumber literatur di atas menunjukkan bahwa masih terdapat banyak mahasiswa yang mengalami miskonsepsi atau bahkan tidak mengetahui mengenai konsep dasar dari astrofisika, terutama yang berkaitan dengan bintang dan *black hole*. Minimnya tingkat literasi juga menjadi hambatan untuk mengenalkan pemahaman mengenai konsep-konsep dari astrofisika. Oleh karena itu adanya artikel ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang konsep dasar astrofisika, khususnya mengenai lubang hitam dan alam semesta serta dapat berkontribusi pada pengembangan literatur ilmiah di bidang pendidikan astrofisika.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian kepustakaan atau studi literatur. Dalam penelitian ini, data diperoleh melalui berbagai literatur yang relevan sebagai sumber utama. Pendekatan yang digunakan bersifat kualitatif, karena data yang dihasilkan berbentuk kata-kata atau deskripsi (Syahputri *et al.*, 2023). Metode studi literatur sendiri dilakukan dengan cara mencari, membaca, dan mempelajari berbagai buku, jurnal, dan artikel ilmiah yang membahas tentang metode-metode pembelajaran. Informasi yang kami dapatkan dari berbagai sumber tersebut kemudian kami teliti secara mendalam untuk menemukan pola, perbedaan, dan kesamaan. Analisis yang kami lakukan bertujuan untuk memahami lebih baik tentang berbagai pendekatan dalam pembelajaran dan menemukan cara terbaik untuk meningkatkan proses belajar. Penelitian ini turut mengikutsertakan analisis dokumen sebagai bagian dari proses pengumpulan data. Dokumen yang dianalisis meliputi kurikulum sekolah, silabus, serta catatan terkait kegiatan pembelajaran. Langkah ini dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan jelas tentang bagaimana pemahaman siswa atau mahasiswa dalam memahami materi mengenai fenomena-fenomena alam seperti *black hole* serta teori-teori yang mendukung dan saling berkaitan sehingga dapat menjelaskan fenomena alam tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman kepada mahasiswa mengenai konsep-konsep dasar dari astrofisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dilansir dari Sampoerna Academy (2020) Teori black hole pertama kali muncul pada abad ke-18 oleh John Michell dan Pierre Simon Laplace, dan kemudian dikembangkan oleh seorang astronom Karl Schwarzschild pada tahun 1916. Teori ini didasarkan pada teori relativitas umum Albert Einstein, dan menjadi semakin populer sejak Stephen William Hawking memperkenalkannya kepada dunia.

Menurut Premana W. Premadi, seorang astrofisikawan dari Institut Teknologi Bandung, lubang hitam merupakan salah satu implikasi dari teori relativitas umum yang diperkenalkan oleh Albert Einstein pada tahun 1916. Teori tersebut menjelaskan bahwa keberadaan massa dapat menyebabkan kelengkungan pada ruang-waktu. Premana menggambarkan teori ini seperti meletakkan benda berat di atas selembar kasur busa. Semakin besar massa benda, semakin dalam lengkungan yang terbentuk pada kasur. Lubang hitam, menurutnya, memiliki massa yang sangat besar tetapi tersimpan dalam ruang dengan volume kecil. Akibatnya, kelengkungan ruang-waktu yang dihasilkan menjadi sangat dalam (Pusat Data dan Analisa Tempo, 2020:74).

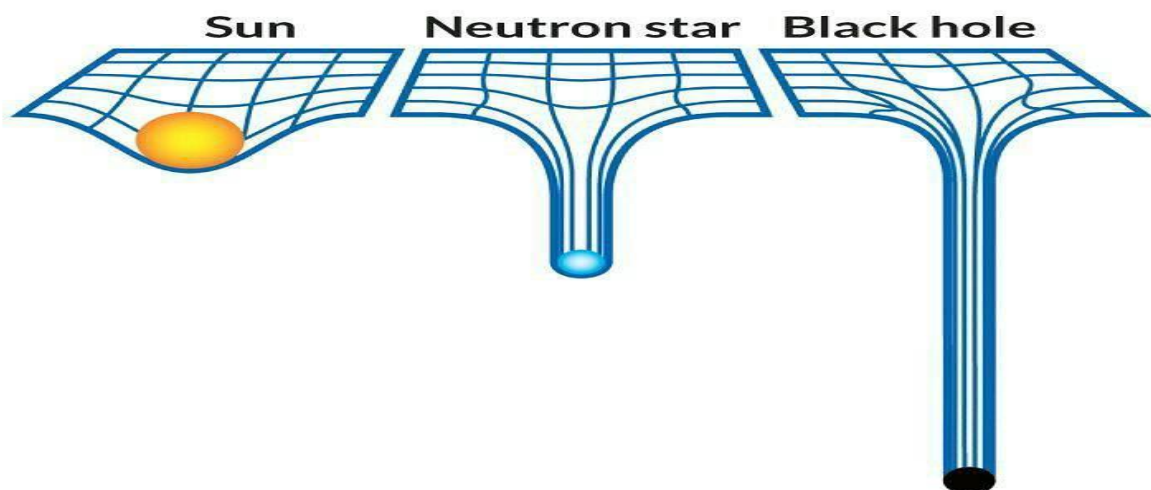
Pemahaman mengenai adanya *black hole* atau lubang hitam di alam semesta tentunya tidak semerta-merta hanya hasil dari imajinasi saja, akan tetap terdapat teori-teori fisika klasik yang mendasarinya. Pada kajian teoritis matematis pada penciptaan alam semesta digunakan gabungan 3 teori yang sangat mendasar pada bidang fisika. Teori tersebut diantaranya yaitu teori Relativitas umum, teori radiasi bintang dan teori mekaika kuantum. Teori Relativitas Umum yang dirumuskan oleh Albert Einstein merupakan landasan utama dalam memahami proses terbentuknya dan sifat-sifat lubang hitam. Teori ini menggambarkan hubungan antara gravitasi dengan ruang dan waktu, serta menunjukkan bagaimana massa yang sangat besar dapat menyebabkan kelengkungan ruang-waktu hingga membentuk singularitas. Singularitas sendiri merupakan suatu titik di mana gravitasi sangat kuat sehingga tidak ada yang bisa meloloskan diri, bahkan cahaya.

Einstein berulang kali berusaha merumuskan teori gravitasi yang dapat menyatu dengan Teori Relativitas Khusus. Pada tahun 1915, ia akhirnya berhasil mengembangkan Teori Relativitas Umum (TRU) yang merupakan perluasan dari TRK. Dalam teori ini, gravitasi tidak lagi dipandang sebagai gaya, tetapi sebagai akibat dari kelengkungan ruang-waktu

(spacetime) yang disebabkan oleh massa dan energi (Anugraha, 2011). Zajaiek & Tursunov (2019) mengatakan bahwa pemikiran inilah yang kemudian melahirkan konsep lubang hitam.

Lubang hitam adalah objek yang memiliki massa sangat besar, sehingga menyebabkan kelengkungan ruang-waktu yang sangat ekstrem. Berdasarkan teori relativitas umum, lubang hitam memiliki wilayah yang disebut horizon peristiwa, yaitu batas di mana tidak ada informasi atau materi yang bisa lolos, bahkan cahaya sekalipun. Di dalamnya terdapat singularitas, titik dengan kepadatan dan gravitasi tak terhingga, yang masih menjadi misteri hingga kini. Walaupun demikian, para ilmuwan sepakat bahwa ada tiga parameter utama untuk menggambarkan lubang hitam, yaitu massa, rotasi, dan muatan. Parameter-parameter ini digunakan untuk mendeskripsikan sifat-sifat lubang hitam dengan lebih jelas. Teori ini dikenal sebagai "no-hair theorem" yang menyatakan bahwa semua informasi yang kompleks tentang lubang hitam dapat dijelaskan hanya dengan tiga sifat dasar tersebut. Menurut teori ini, semua lubang hitam dapat dipahami hanya dengan mempertimbangkan massa, rotasi, dan muatan mereka. Meskipun banyak aspek lubang hitam yang masih belum terungkap, pemahaman ini telah memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana mereka bekerja. Pemikiran Einstein dan perkembangan teori ini telah membuka jalan bagi penemuan lebih lanjut dalam fisika teoretis (Lestari dan Dwi,2024).

Dalam teori relativitas umum, Albert Einstein mengumpamakan alam semesta seperti hamparan selimut yang sangat panjang dan lebar. Saat selimut tersebut diberikan beban di atasnya maka beban tersebut akan membuat cekungan pada selimut. Cekurangan tersebut dapat menarik benda-benda yang berada di sekitarnya. Semakin besar massa yang dimiliki oleh benda tersebut maka semakin besar dan dalam juga cekungan yang akan tercipta, sehingga daya tariknya juga akan mengalami peningkatan. Jika diilustrasikan maka perbedaan cekungan benda langit dengan massa yang berbeda seperti gambar di bawah ini.



Gambar 1 Ilustrasi *Black Hole* Menurut Teori Relativitas Umum

Teori relativitas umum yang mengungkap mengenai adanya lubang hitam juga didukung oleh teori radiaasi bintang yang dikemukakan oleh Max Planck pada awal abad ke-20. Pada puncak perkembangan optika klasik, cahaya didefinisikan sebagai gelombang elektromagnetik, yang memicu berbagai penemuan dan konsep. Pada tahun 1838, Michael Faraday menemukan sinar katode, diikuti oleh teori radiasi massa hitam oleh Gustav Kirchhoff pada tahun 1859. Pada tahun 1877, Ludwig Boltzmann menyatakan bahwa energi dalam sistem fisik dapat bersifat diskrit. Selanjutnya, pada tahun 1899, Max Planck mengembangkan teori kuantum sebagai model untuk radiasi massa hitam, dengan hipotesis

bahwa energi yang teradiasi dan terserap terdiri dari jumlah diskrit yang disebut elemen energi (Nugraha, 2022).

Saat bintang besar mencapai akhir hidupnya, ia bisa mengalami ledakan supernova yang sangat kuat. Ledakan ini melepaskan sejumlah besar energi dan materi ke ruang angkasa, menjadikannya salah satu peristiwa paling energetik di alam semesta. Supernova juga menciptakan gelombang kejut yang merambat keluar dari pusat ledakan dan bisa mempengaruhi medium antarbintang di galaksi. Selain itu, ledakan ini dapat memicu terbentuknya bintang baru dengan menyebarkan materi dan menyebabkan kompresi awan molekul di sekitarnya. Supernova juga melepaskan elemen kimia yang terbentuk selama reaksi nuklir bintang ke ruang antarbintang. Elemen-elemen ini menambah keberagaman materi di ruang antar bintang dengan unsur-unsur yang lebih berat. Proses ini sangat penting karena elemen-elemen tersebut akan digunakan dalam pembentukan bintang dan planet di masa depan. Oleh karena itu, meskipun supernova merupakan peristiwa yang merusak, supernova juga berperan dalam kelahiran sistem bintang dan planet baru. Supernova bertindak sebagai mekanisme penyebar elemen penting yang mendukung kehidupan di alam semesta. Dengan demikian, meskipun destruktif, supernova juga berfungsi sebagai pendorong dalam proses pembentukan objek-objek langit yang baru. Sisa-sisa dari ledakan supernova ini akan menciptakan suatu lobang yang disebut sebagai lobang hitam, yang dimana lobang hitam memiliki massa yang sangat besar sehingga tarikan gravitasinya juga sangat besar (Fitria *et al.*, 2024).

Dilansir dari Zenius education (2022) mengatakan bahwa pada 1971, Hawking menggagas "Teorema Area Lubang Hitam", yang berbunyi bahwa luas permukaan dari bagian permukaan lubang hitam tidak akan pernah berkurang. Teorema ini berhasil ia turunkan dari teori relativitas umum milik Einstein. Stephen Hawking (1974, 1975) menarik perhatian para fisikawan terhadap lubang hitam dengan mengusulkan teori bahwa ketidakstabilan lubang hitam di ruang hampa disebabkan oleh radiasi kuantum. Radiasi tersebut memiliki spektrum termal, yang berarti lubang hitam dapat memancarkan radiasi seperti benda hitam yang dipanaskan. Hawking juga menyatakan bahwa jika massa lubang hitam cukup kecil, ia akan menghilang lebih cepat daripada usia alam semesta. Lubang hitam kecil ini kini dikenal sebagai lubang hitam primordial, yang diperkirakan terbentuk pada tahap awal evolusi alam semesta. Konsep mengenai lubang hitam primordial ini membuka kemungkinan bahwa proses peluruhan mereka bisa memberikan wawasan penting mengenai fisika pada masa awal alam semesta. Oleh karena itu, informasi yang diperoleh dari lubang hitam primordial atau produk peluruhannya dapat sangat berharga untuk memahami proses fisika pada awal penciptaan alam semesta (Brilianza *et al.*, 2020 : 22-23).

Untuk mempermudah pemahaman mengenai fisika teritis yang menjelaskan mengenai bintang serta pemahaman mengenai black hole, media pembelajaran melalui komik dapat menjadi alternatif yang dapat di terapkan. Penggunaan komik dalam pendidikan sains, khususnya fisika teoretis, telah menjadi alternatif yang menarik untuk menyampaikan konsep-konsep yang rumit seperti black hole. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Azhar, dkk (2020), Komik dapat membantu menyederhanakan konsep fisika yang abstrak dengan memberikan gambaran yang jelas dan cerita yang mudah dipahami. Komik membantu menjelaskan konsep seperti singularitas, horizon peristiwa, dan pelengkungan ruang-waktu dengan lebih mudah dalam hal *black hole*. Visualisasi ini membantu pembaca membayangkan fenomena-fenomena yang sangat sulit untuk dipahami hanya dengan teks atau rumus matematika. Studi ini menunjukkan bahwa komik dapat membantu siswa memahami teori fisika, terutama bagi siswa yang lebih sedikit memahami materi (Azhar *et al.*, 2020)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sharma dan Singh (2021), komik memiliki potensi untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran sains, mengurangi kebosanan, dan mempermudah penyampaian materi fisika teoretis yang sulit. Komik memberikan pengalaman belajar yang lebih dinamis dengan menggabungkan gambar, teks, dan simbol dalam satu media. Penggunaan gambar yang menunjukkan perubahan ruang-waktu atau pembentukan lubang hitam di sebuah bintang besar dalam konteks lubang hitam membantu siswa memahami proses yang berlangsung secara visual. Hal ini meringankan beban kognitif siswa dan membantu mereka memahami fenomena *black hole*.

Dari kedua hasil penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan komik sebagai media pembelajaran efektif dalam mempermudah pemahaman konsep fisika teoretis, khususnya dalam memahami black hole. Konsep fisika yang abstrak seringkali sulit dipahami oleh banyak orang, karena tidak semua orang memiliki kemampuan yang sama dalam memahami materi seperti ini. Oleh karena itu, penggunaan media komik dapat membantu menyampaikan konsep-konsep kompleks dengan cara yang lebih visual dan mudah dipahami. Dengan demikian, komik menjadi alat yang efektif untuk memaksimalkan pemahaman terhadap materi yang bersifat abstrak, seperti pemahaman mengenai *black hole*.

PENUTUP

Relativitas umum yang diperkenalkan oleh Albert Einstein pada tahun 1915 menjadi dasar bagi pemahaman tentang keberadaan lubang hitam. Lubang hitam terbentuk akibat kelengkungan ruang-waktu yang sangat besar karena adanya objek dengan massa sangat besar. Proses pembentukan lubang Teori hitam dimulai ketika bintang masif mengakhiri hidupnya melalui ledakan supernova, yang menghasilkan singularitas—suatu titik dengan kepadatan dan gravitasi tak terhingga. Dalam teori relativitas umum, lubang hitam memiliki horizon peristiwa, yaitu batas di mana tidak ada materi atau informasi yang dapat lolos, bahkan cahaya. Konsep ini membuka banyak pertanyaan baru tentang fisika ruang-waktu dan memberikan landasan bagi penelitian lebih lanjut. Agar mahasiswa dapat memahami teori yang kompleks ini, metode pembelajaran yang inovatif sangat dibutuhkan. Salah satunya adalah menggunakan media yang lebih menarik seperti komik, yang dapat menyederhanakan konsep-konsep abstrak. Komik membantu menjelaskan konsep fisika yang sulit, seperti singularitas, horizon peristiwa, dan pelengkungan ruang-waktu dengan cara visual yang lebih mudah dipahami. Dengan pendekatan ini, siswa dapat membayangkan fenomena-fenomena kompleks dengan lebih jelas dan meningkatkan pemahaman mereka. Oleh karena itu, penggunaan komik dalam pembelajaran astrofisika terbukti dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan mempermudah pemahaman terhadap materi yang sulit.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Ariska, M., Akhsan, H., Muslim, M., & Azizah, N. (2021). Pemahaman konsep awal mahasiswa pendidikan fisika terhadap materi benda-benda langit dalam perkuliahan astrofisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(3), 405-413.
- Azhar, S., Banu, G. N., & Wijaya, F. A. (2020). The Use of Comic Books in Teaching Physics: An Innovative Educational Tool to Enhance Student Understanding of Complex Concepts. *Journal of Physics Education*, 24(2), 225-231.

- Bekker, J. G., Craig, I. K., & Pistorius, P. C. (1999). Modeling and Simulation of Arc Furnace Process. *ISIJ International*, 39(1), 23–32.
- Brihanza, A., Jannah, M., & Hamdan, A. M. (2020). Lubang hitam: Sebuah pengantar populer. Malang: CV. Pustaka Learning Center.
- Fitria, H., Maflahah, C., Istiqomah, H., & Sari, D. P. (2024). Evolusi Bintang Dan Perannya Dalam Struktur Galaksi. *Trigonometri: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(3), 22-32.
- Lestari, T. D. (2024). Studi lubang hitam kerr-newman dalam teori gravitasi F (R) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Nudiati, D., & Sudiapermana, E. (2020). Literasi sebagai kecakapan hidup abad 21 pada mahasiswa. *Indonesian Journal of Learning Education and Counseling*, 3(1), 34-40.
- Nugraha, D. A. (2022). Kaleidoscope Of The Dualism Of Light As A Form Of Self-Respect With The Universe Verses. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 88-95.
- Pusat Data dan Analisa Tempo (2020). Mengenal "Black Hole" di Sekitar Planet Bumi. N.p., Tempo Publishing.
- Ramadhan, R. (2022). Relativitas Waktu Penciptaan Alam Semesta Ditinjau Dari Teori Bigbang Dan Surat Hud Ayat 7. *Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam dan Sains*, 4(1), 11-18.
- Sampoerna Academy. (2022). Yuk Simak Penjelasan Urijah Tentang Simulasi Black Hole. Dalam <https://www.sampoernaacademy.sch.id/id/simulasi-black-hole/#:~:text=Teori%20black%20hole%20pertama%20kali,sejak%20dibawakan%20oleh%20Stephen%20William>
- Setiawan, H. R., Rakhmadi, A. J., & Raisal, A. Y. (2021). Pengembangan media ajar lubang hitam menggunakan model pengembangan ADDIE. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(2), 112-119.
- Syahputri, A. Z., Della Fallenia, F., & Syafitri, R. (2023). Kerangka berfikir penelitian kuantitatif. *Tarbiyah: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pengajaran*, 2(1), 160-166.
- Zenius Education. (2022). Stephen Hawking, Ilmuwan di Balik Teorema Black Hole. Dalam <https://www.zenius.net/blog/biograf-stephen-hawking-ilmuwan>