

BAB 4

KESIMPULAN

Pembelokan cahaya pada dasarnya dipengaruhi oleh lubang hitam dan juga oleh partikel cahaya itu sendiri, seperti nilai parameter *impact* b . Nilai b berpengaruh pada jarak terdekat (r_0) partikel cahaya dengan suatu benda bermassa. Semakin besar b , semakin kecil sudut defleksinya. Dalam kasus SDL, bila r_0 lebih besar daripada radius kritis r_{sc} , maka lintasan cahaya akan terbelokkan hingga sampai ke pengamat. Tetapi, bila r_0 lebih kecil dari r_{sc} , maka partikel cahaya akan masuk ke lubang hitam. Selain itu, properti fisis lubang hitam yang mempengaruhi sudut defleksi adalah massa M , parameter rotasi a , dan muatan Q , yang terkandung dalam koefisien \bar{a} dan \bar{b} .

Di sekitar lubang hitam berputar, partikel cahaya dapat mengorbit lubang hitam beberapa kali sebelum akhirnya dibelokkan atau masuk ke lubang hitam. Orbit ini dapat searah atau berlawanan dengan arah perputaran lubang hitam. Orbit cahaya yang searah dinamakan *direct*, sedangkan orbit cahaya yang berlawanan arah dinamakan *retrograde*. Orbit *direct* memberikan sudut defleksi yang lebih kecil dibandingkan dengan orbit *retrograde* karena adanya fenomena *frame dragging*.

Dalam konteks sudut defleksi, adanya muatan *tidal* negatif memberikan dampak yang berkebalikan dengan dampak dari muatan listrik. Perbedaan ini dapat dilihat dari fakta bahwa muatan listrik memberikan kesan tambahan efek tolak pada partikel cahaya, tetapi muatan *tidal* negatif memberikan kesan tambahan efek tarik. Oleh karena itu, lubang hitam berputar dengan muatan *tidal* negatif menciptakan sudut defleksi yang lebih besar dibandingkan dengan sudut defleksi yang diciptakan lubang hitam Kerr yang berputar tanpa muatan, dan dengan lubang hitam Kerr-Newman yang berputar dengan muatan listrik.

Penelitian di masa yang akan datang dapat menginvestigasi lebih jauh tentang sudut defleksi dalam SDL untuk cahaya yang tidak melaju di bidang ekuatorial di sekitar lubang hitam berputar dengan muatan *tidal* negatif.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Einstein, A. (1914) The formal foundation of the general theory of relativity. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin (Math. Phys.)*, **1914**, 1030–1085.
- [2] Dyson, F., Eddington, A., dan Davidson, C. (1923) A determination of the deflection of light by the sun's gravitational field, from observations made at the total eclipse of may 29, 1919. *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, **62**, A1.
- [3] Collaboration, E. H. T., Akiyama, K., Alberdi, A., Alef, W., Asada, K., AZULY, R., dkk. (2019) First m87 event horizon telescope results. i. the shadow of the supermassive black hole. *Astrophys. J. Lett*, **875**, L1.
- [4] Rybak, M., Hodge, J., Vegetti, S., van Der Werf, P., Andreani, P., Graziani, L., dan McKean, J. (2020) Full of orions: a 200-pc mapping of the interstellar medium in the redshift-3 lensed dusty star-forming galaxy sdg. 81. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **494**, 5542–5567.
- [5] Hsieh, T., Lee, D.-S., dan Lin, C.-Y. (2021) Strong gravitational lensing by kerr and kerr-newman black holes. *Physical Review D*, **103**, 104063.
- [6] Randall, L. dan Sundrum, R. (1999) Large mass hierarchy from a small extra dimension. *Physical review letters*, **83**, 3370.
- [7] Dvali, G. (2013) A lecture on the hierarchy problem and gravity. , ?
- [8] Dadhich, N., Maartens, R., Papadopoulos, P., dan Rezanian, V. (2000) Black holes on the brane. *Physics Letters B*, **487**, 1–6.
- [9] Aliev, A. N. dan Gümrukçüoğlu, A. (2005) Charged rotating black holes on a 3-brane. *Physical Review D*, **71**, 104027.
- [10] Hobson, M. P., Efstathiou, G. P., dan Lasenby, A. N. (2006) *General relativity: an introduction for physicists*. Cambridge University Press.
- [11] Siahaan, H. M. (2020) Rotating and charged taub-nut-(a) ds spacetimes on a 3-brane. *Physical Review D*, **102**, 064022.
- [12] Chamblin, A., Reall, H. S., Shinkai, H.-a., dan Shiromizu, T. (2001) Charged brane-world black holes. *Physical Review D*, **63**, 064015.
- [13] Bozza, V. (2002) Gravitational lensing in the strong field limit. *Physical Review D*, **66**, 103001.
- [14] Schutz, B. (2022) *A first course in general relativity*. Cambridge university press.