

Lubang hitam BTZ dan regular di dalam teori string energi rendah = BTZ and regular black hole in the low energy string theory

Byon Nugraha Jayawiguna, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20515543&lokasi=lokal>

Abstrak

Lubang hitam merupakan objek paling misterius di alam semesta. Ia tercipta dari runtuhnya sebuah bintang yang memiliki gravitasi yang dominan dibanding reaksi termonuklir yang dimiliki. Sampai pada keadaan akhirnya (tersisa gravitasi saja), "bintang" tersebut hanya memiliki permukaan dan titik singularitas. Pada keadaan ini, massa dari bintang tersebut sangat besar sehingga mempengaruhi kelengkungan ruang dan waktu di dalam dan sekitar objek. Karena sangking masifnya, cahayapun ketika melewati objek tersebut tidak bisa selamat melainkan jatuh ke dalam "lubang" tersebut yang mengakibatkan tidak adanya pantulan cahaya ke pengamat. Oleh karena itu, bintang yang memiliki fase ini dinamakan lubang hitam.

Walaupun lubang hitam dianggap misterius oleh beberapa kalangan, tidak sedikit juga peneliti mempelajari objek tersebut secara teoritis maupun eksperimen. Sampai pada tahun 2019 dunia dihebohkan oleh The Event Horizon Telescope Collaboration dengan ditemukannya citra lubang hitam berotasi. Dari segi teoretis, lubang hitam dipelajari dengan meninjau solusi tensor metriknya. Tidak lama setelah relativitas umum digagas, Karl Schwarzschild merupakan orang pertama yang mendapatkan solusi dari persamaan medan Einstein yang mendeskripsikan massa titik di ruang-waktu statik dan vakum. Karena lubang hitam merupakan konsekuensi dari solusi persamaan medan Einstein, solusi ini disebut lubang hitam Schwarzschild. Setengah abad kemudian, Roy Kerr memperoleh lubang hitam berputar. Di lain hal, lubang hitam secara teoretis juga bisa dipelajari dengan meninjau dimensi geometrinya. Salah satunya adalah lubang hitam 3 dimensi (2 dimensi ruang dan 1 dimensi waktu) yang biasa disebut lubang hitam BTZ (Banados, Teitelboim, Zanelli). Di dalam literturnya, objek ini eksis jika terdapat konstanta kosmologi yang negatif (ruang-waktu Anti-de Sitter). Lubang hitam ini yang akan menjadi poin utama dari penelitian penulis. Selain itu, terdapat lubang hitam secara teoretik yang tidak memiliki singularitas. Objek ini disebut lubang hitam regular, dan sudah banyak literatur yang membahas dalam keadaan statik maupun berotasi.

Di tugas akhir kali ini, penulis mempelajari lubang hitam BTZ (2+1) dan regular di dalam ranah energi rendah teori string heterotik. Konsep ini mengharuskan penulis untuk menyertakan nontrivial dilaton dan medan 3-form H . Dengan menggunakan transformasi Hassan-Sen dan lubang hitam BTZ sebagai input, penulis dapatkan solusi tersebut dalam kerangka string. Selain itu, berbagai aspek lubang hitam BTZ dan lubang hitam regular dalam ranah energi rendah teori string heterotik ini penulis pelajari dengan lengkap berupa investigasi terhadap event horizon, ergosphere, perilaku partikel uji di luar dan di dalam limit statik, kecepatan sudut, dan keliling daripada objek tersebut. Dari hasil penulis mengenai lubang hitam BTZ di dalam teori string energi rendah, event horizon nya sekarang diparameterisasi oleh konstanta kosmologi l , massa M , momentum angular J , dan muatan b . Kondisi $M > b$ dan $|J| \leq Ml$ merupakan syarat untuk lubang hitam agar tetap eksis. Terlebih lagi, partikel yang diam di dalam ergosphere memiliki syarat ($ds^2 > 0$) sehingga harus berputar searah dengan lubang hitam. Hasil kecepatan sudut dan keliling dari lubang hitam tereduksi menjadi kasus vakum ketika muatan dimatikan.

Pada kasus lubang hitam regular, penulis dapat solusi pada kerangka string dan Einstein. Hasil tersebut tereduksi menjadi referensi penulis ketika muatan dimatikan. Persamaan untuk mendapatkan horizon dan statik limit sayangnya tidak bisa secara eksak atau analitik. Dengan begitu, penulis mempelajarinya dengan plot grafik dengan variasi parameter bebas k dan muatan. Untuk menguji regularitas, pengujian menggunakan dua tipe invarian skalar dan mendapati lubang hitam berrotasi dan bermuatan tersebut tetap mempertahankan regularitasnya walaupun terdapat muatan. Penulis menunjukkan pelanggaran minimal untuk kondisi energi rendah.

.....Black holes are the most mysterious objects in the universe. They were created from the collapse of a star that has a dominant gravity sector compared to the thermonuclear reaction. Until the final state of a star, they only have a surface and a singularity. In this situation, the mass of the star is huge that it affects the curvature of space and time in and around the object. Because of the magnitude of the interaction of gravity and its curvature, even light cannot escape. Therefore, stars that have this phase are called black holes. On the other hand, despite of being mysterious, there has been comprehensive study on black hole both on experimentally and theoretically. Until 2019 the world was shocked by The Event Horizon Telescope Collaboration with the discovery of rotating black hole images. From a theoretical point of view, black holes are studied by solving their tensor metric solutions. Shortly after general relativity was conceived, Karl Schwarzschild was the first to obtain a solution from the Einstein field that described the point mass in static and vacuum space-time. Since black holes are the consequences of Einstein field equation, this solution is called the Schwarzschild black hole. Half a century later, Roy Kerr obtained a spinning black hole. On the other hand, black holes can also be studied by their geometric dimensions. One of them is a 3-dimensional black hole (2 dimensional space and 1 time dimension) which is commonly called a BTZ black hole (Banados, Teitelboim, Zanelli). In his literature, this object exist if it has a negative cosmological constant (Anti-de Sitter space-time). This black hole will be the main point of the author's research. Additionally, there are theoretically black holes that have no singularity. This object is called a regular black hole, and there has been a lot of literature discussing both for static and rotating.

In this thesis, the author study the BTZ black holes (2+1 dimensional space-time) in the low energy heterotic string theory (BTZ-Sen BH). This concept requires us to include a non-trivial dilaton and a 3-form H field. By using the Hassan-Sen transformation and BTZ black hole as a seed solution, we obtain the solution in the string frame. From the result on BTZ black hole in low energy string theory, the event horizons are now parameterized by the cosmological constant l , mass M , angular momentum J , and charge b . Conditions $M > b$ and $|J| < Ml$ are requirement for a black hole to exist. Moreover, the particle resting in the ergosphere have the spacelike condition. So it must rotate in the direction of the black hole. The resulting angular velocity and perimeter of the black hole are reduces to that of BTZ black hole when the charge is turned off.

Another novelty solution is that the regular Kerr-Sen spacetime. This present solution describe a four dimensional rotating regular charged black hole in the low energy string theory. A black hole describe in this section is characterized by its mass, spin or angular momentum, and also electric charged. These well known no hair theorem variable could be obtained by solving the gravitational Hamiltonian in a boundary. We found that the corresponding mass and angular momentum are the same as the Kerr-Sen black hole, and so does electric charge. In order to assure the regularity of a black hole, it seems insufficient to look at the metric tensor itself. Thus, we employ two type of scalar invariant; contracted Ricci tensor and Kretschmann scalar (contracted Riemann tensor). We discover that the inclusion of charge from low energy string theory does not affect the regularity of a rotating black hole. On the other hand, since the

vacuum rotating regular black hole appear to be violated the weak energy condition, we hope that our solutions are be able to satisfied the weak energy condition. Unfortunately, it is shown that an existence of our rotating charged regular black holes does not alter the conclusion from the vacuum one; the WEC still violated. But the violation can be very small depends on how we treat the parameter.