

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian mengenai studi lubang hitam nonsingular pada metrik grup renormalisasi (RG) dilakukan dengan mentransformasi persamaan metrik RG yang didapatkan oleh Bonanno dan Reuter (2000) yang selanjutnya diterapkan variabel koreksi kuantum berskala panjang pada penelitian Cadoni dkk (2022) dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Metrik RG yang telah ditransformasi memiliki tiga kondisi horizon yang berbeda setiap nilai parameter α . Satu horizon pada kasus $\alpha \approx 2,9514$, dua horizon pada kasus $\alpha > 2,9514$, dan tidak memiliki horizon pada kasus $\alpha < 2,9514$. Lubang hitam ideal yang paling cocok dengan ketiga kondisi ini adalah pada kasus $\alpha \approx 2,9514$ di mana hanya terdapat satu horizon tunggal.
2. Metrik RG menunjukkan perilaku memenuhi kondisi energi *null* pada nilai α berapapun yang berarti metrik ini tetap menjaga kausalitas ruang-waktu. Pada kasus kondisi energi kuat, metrik RG melanggarnya pada nilai parameter $0 < \alpha \leq \alpha_c$ yang berarti terdapat inti pengganti singularitas pada lubang hitam.
3. Temperatur Hawking pada metrik RG memiliki nilai maksimum yang berada pada $r_{H,max} \approx 3,3347l$ dan penurunan massa yang berhenti pada wilayah r_c . Artinya, metrik RG lebih cepat menyudahi evaporasi dibandingkan dengan metrik Hayward dan Bardeen.
4. Metrik RG memenuhi hukum kedua termodinamika lubang hitam, dimana dijelaskan bahwa entropi total pada sistem lubang hitam haruslah positif ($\delta S_{BH} + S \geq 0$).
5. Metrik RG memiliki kondisi energi di mana pada cabang I menunjukkan wilayah yang stabil secara termodinamika dan cabang II di mana tidak stabil secara termodinamika. Cabang I diraih pada $r_c < r_H < r_{H,max}$ dan cabang II diraih pada $r_H > r_{H,max}$.

6. Metrik RG memiliki berbagai jenis orbit foton yang bergantung pada nilai parameter α . Wilayah paling ideal di mana terdapat orbit foton yang stabil pada wilayah yang bertepatan dengan horizon peristiwa lubang hitam dan wilayah yang tidak stabil pada batas luar horizon peristiwa di mana wilayah ini berlaku ketika $\alpha = \alpha_c$.
7. Mode kuasinormal pada metrik RG menunjukkan nilai osilasi yang menurun seiring dengan peningkatan jarak. Pada wilayah pengganti singularitas, nilai frekuensi imajiner mode kuasinormal bernilai negatif, dan nilai frekuensi riil semakin besar yang artinya terdapatnya wilayah yang regular pada bagian inti lubang hitam.
8. Secara umum berdasarkan semua perhitungan yang diperoleh, nilai parameter α paling ideal pada metrik RG adalah pada $\alpha = \alpha_c \approx 2,9514$. Temuan ini sejalan dengan penelitian Bonanno dkk. (2021) dan Cadoni dkk. (2022) bahwa efek inflasi massa pada lubang hitam akan ditekan pada kondisi lubang hitam ekstrem (kondisi dimana nilai parameter $\alpha = \alpha_c$). Namun, berdasarkan termodinamika dan transisi fasa yang diperoleh ketidakstabilan inflasi massa tidak dapat teramati pada temperatur Hawking, fungsi massa lubang hitam, dan entropinya saja.

5.2 Saran

Efek inflasi massa pada lubang hitam tidak dapat teramati hanya dengan mengamati temperatur hawking, fungsi massa lubang hitam, entropi lubang hitam, kapasitas panas, ataupun energi bebas Helmholtz. Parameter lain seperti pemisahan bagian massa menjadi m_+ dan m_- serta pemisahan bagian jari-jari r_+ dan r_- dibutuhkan untuk meninjau efek inflasi massa. Peninjauan efek inflasi massa ini tentunya akan melengkapi bagian termodinamika lubang hitam dan dapat membuktikan bahwa metrik RG pada kondisi ekstrem tidak mengalami inflasi massa .