

INTISARI

DIFUSI RELATIVISTIK DALAM TINJAUAN TEORI RELATIVITAS UMUM EINSTEIN DAN TEORI GRAVITASI- $f(R)$

Oleh

DONI ANDRA

13/350891/SPA/00463

Telah dikaji difusi relativistik umum dalam *manifold* ruang-waktu melengkung, yaitu dalam tinjauan relativitas umum Einstein dan dalam tinjauan teori gravitasi- $f(R)$. Tinjauan difusi berdasarkan teori relativitas umum Einstein dengan merujuk pekerjaan Herrmann (2010), sedangkan tinjauan difusi berdasarkan teori gravitasi- $f(R)$ dengan merujuk artikel Calogero (2011). Herrmann sudah mengkonstruksi persamaan Fokker-Planck relativistik umum dalam ruang fase atau persamaan Kramer relativistik umum. Persamaan Fokker-Planck yang telah diperoleh Herrmann tersebut, selanjutnya pada penelitian ini digunakan untuk menjelaskan proses difusi di sekitar bintang neutron, baik untuk kasus bintang neutron tak berotasi maupun bintang neutron yang berotasi lambat. Berdasarkan kajian ini diturunkan persamaan diferensial difusi relativistik umum yang menggambarkan dinamika materi yang terdifusi di sekitar bintang neutron tak berotasi maupun bintang neutron yang berotasi lambat. Persamaan diferensial difusi tersebut diperoleh melalui konstruksi ruang fase dengan parameterisasi waktu pribadi dalam sistem koordinat hiperboloid. Proses difusi ini menggambarkan sebaran dan dinamika stokastik partikel yang bergerak di sekitar bintang neutron tak berotasi maupun bintang neutron berotasi lambat. Untuk kasus yang lebih khusus ditinjau proses difusi di sekitar bintang neutron untuk kasus asimtotik dan kasus 'permukaan'. Sementara itu peninjauan difusi berdasarkan teori gravitasi- $f(R)$ adalah sebagai salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ketidakkompatibilitas sebagai konsekuensi identitas Bianchi yang dihadapi oleh Calogero ketika mengkoplingkan antara persamaan Fokker-Planck relativistik umum dan persamaan medan Einstein. Berdasarkan pengoplingan antara persamaan Fokker-Planck dan persamaan medan gravitasi- $f(R)$ diperoleh hubungan antara rapat arus difusi dan friksi dengan tensor fluida kelengkungan atau tensor fluida latar. Lebih lanjut ditinjau beberapa bentuk khusus dari fungsi- $f(R)$ yang terkait dengan kosmologi yaitu $f(R) = R + \Lambda R^2$, $f(R) = R - \frac{\mathcal{M}^4}{R}$, dan $f(R) = R - \mathcal{E}r_c \ln(1 + \frac{R}{r_c})$. Berdasarkan tensor energi-momentum efektif dari masing-masing fungsi tersebut, selanjutnya diperoleh persamaan rapat arus yang menggambarkan rapat arus dari keseluruhan pro-

ses fisis seperti difusi dan friksi serta 'interplay' antara difusi dan friksi. Untuk lebih memahami gambaran fisis dari persamaan yang sudah didapatkan dari ketiga fungsi tersebut, selanjutnya dikaji difusi pada pengembangan alam semesta yaitu model Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker (FLRW).

Kata-kata kunci : difusi, difusi relativistik, gravitasi- $f(R)$, bintang neutron, pengembangan alam semesta, fluida kelengkungan, persamaan Fokker-Planck relativistik.

ABSTRACT

RELATIVISTIC DIFFUSION IN THE EINSTEIN'S THEORY OF GENERAL RELATIVITY AND THE THEORY OF $f(R)$ -GRAVITY

By

DONI ANDRA

13/350891/SPA/00463

A general relativistic diffusion process in a curved spacetime manifold has been studied. It was studied via two points of view, that are Einstein's general relativity theory and $f(R)$ -gravity theory. The review of the diffusion process based on Einstein's general theory of relativity refers to the work of Herrmann (2010), while the study of the diffusion process based on the theory of $f(R)$ -gravity refers to the article of Calogero (2011). Herrmann has constructed the general relativistic Fokker-Planck equation or the general relativistic Kramer equation in phase space. Then we use the obtained Fokker-Planck equation to explain the diffusion process around non-rotating and slowly rotating neutron stars. The explicit expression of relativistic Fokker-Planck equation describes the dynamic of diffusive materials around non-rotating and slowly rotating neutron stars have been derived. The diffusion differential equation is obtained through the construction of phase space with the parameters of proper time in the hyperboloid coordinate system. This diffusion process describes the distribution and dynamics of stochastic particles moving around the non-rotating and slowly rotating neutron stars. For more specific cases, it was reviewed the diffusion process around neutron stars for asymptotic and 'surface' cases. Meanwhile the diffusion review based on the theory of $f(R)$ -gravity is an effort to overcome the problem of incompatibility as a consequence of Bianchi's identity faced by Calogero when coupling between the general relativistic Fokker-Planck equation and the Einstein field equation was carried out. Furthermore, from the coupling between the Fokker-Planck equation and the $f(R)$ -gravity field equation we obtain the relation between the diffusion and friction current density and curvature fluid tensor. Beside that, we investigated that there are interplay between diffusion and friction. In other words, diffusion and friction are not independent one another. Furthermore, we consider the some special forms of $f(R)$ -function related to cosmology, i.e, $f(R) = R + \Lambda R^2$, $f(R) = R - \frac{\mathcal{M}^4}{R}$, and $f(R) = R - \mathcal{E}r_c \ln(1 + \frac{R}{r_c})$. To get more physical description of the obtained equations for all cases, then we applied the obtained equations to explain the diffusion and friction in the expanding universe, especially for Friedmann-

Lemaitre-Robertson-Walker (FLRW) model.

Keywords : diffusion, relativistic diffusion, $f(R)$ -gravity, neutron star, expanding universe, curvature fluid, relativistic Fokker-Planck equation.