

DAFTAR ISI

Halaman Judul	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Pernyataan	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
PRAKATA	vii
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Kebaruan Penelitian	5
1.7 Tinjauan Pustaka	5
1.8 Metode Penelitian	8
1.9 Sistematika Penulisan	8
II PROSES STOKASTIK BAGI PROSES DIFUSI	10
2.1 Gerak Brown	10
2.2 Proses Markov	11
2.3 Proses Difusi	15
2.3.1 Pendekatan Persamaan Diferensial Parsial	16
III GEOMETRI DIFERENSIAL RUANG-WAKTU	22
3.1 Tensor Metrik	22

3.2	Koneksi Affine	24
3.3	Pergeseran Paralel Sepanjang Kurva	25
3.4	Geodesik	27
3.5	Identitas Bianchi	31
IV	TEORI RELATIVITAS UMUM	35
4.1	Persamaan Geodesik	36
4.2	Persamaan Medan Einstein	40
4.3	Persamaan Vlasov (atau Boltzmann)	46
V	DIFUSI RELATIVISTIK	54
5.1	Difusi pada Ruang-Waktu Datar	54
5.2	Difusi pada Ruang-Waktu Lengkung	60
5.3	Gandengan dengan Persamaan Medan Einstein	65
5.4	Persamaan Medan Einstein Termodifikasi dengan Usikan	68
VI	KESIMPULAN DAN SARAN	78
6.1	Kesimpulan	78
6.2	Saran	78
A	Konsep Dasar Proses Stokastik	84
1.1	Teori Peluang	84
1.1.1	Peubah Acak	89
1.2	Proses Stokastik	91
B	Konsep Dasar Geometri Diferensial	93
2.1	Ruang Topologis	93
2.2	Keragaman	93
2.2.1	Vektor Singgung	98
2.2.2	Ruang Singgung	100
2.2.3	Untingan Singgung	102
2.2.4	Medan Vektor	103
2.2.5	Kurva Integral dan Aliran, Turunan Lie, Kurung Lie	103
C	Pembuktian dan Perhitungan	108
3.1	Pembuktian Divergensi Tensor Energi-Momentum (5.36)	108
3.2	Pembuktian Invers bagi Metrik	109

3.3 Pembuktian Simbol Christoffel untuk Usikan	110
3.4 Pembuktian Keabsahan ‘Manipulasi’ Simbol Christoffel untuk Usikan	111
3.5 Pembuktian Keabsahan ‘Manipulasi’ Tensor Riemann untuk Usikan ..	112
3.6 Pembuktian Tensor Ricci untuk Usikan	113
3.7 Pembuktian Skalar Ricci untuk Usikan	113
3.8 Pembuktian Tensor Einstein untuk Usikan	114



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Difusi Relativistik dan Implikasinya dalam Gelombang Gravitasi

RATNA WULAN SUTANTI, Dr.rer.nat. M. Farchani Rosyid

Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

DAFTAR LAMBANG

$\mu, \nu, \alpha, \beta, \gamma, \sigma, \lambda, \rho$	Indeks Yunani, menyatakan nilai 0,1,2,3
i, j, k	Indeks yang menyatakan nilai 1,2,3
(Ω, \mathcal{F}, P)	Ruang peluang
Ω	Ruang sampel
\mathcal{F}	Aljabar dan / atau aljabar- σ pada Ω
P	Ukuran peluang, dengan $P: \mathcal{F} \rightarrow [0, 1]$
$P(\Omega)$	<i>Power set</i> bagi Ω : himpunan yang beranggotakan semua subhimpunan milik Ω , dituliskan $P(\Omega) = \{A A \subset \Omega\}$
A	Subhimpunan milik Ω di \mathcal{F}
A^c	Komplemen himpunan A : himpunan yang beranggotakan semua anggota Ω , akan tetapi bukan anggota A , dituliskan $A^c = \{z z \in \Omega \wedge z \notin A\}$
\mathcal{A}	Kelas bagi semua subhimpunan milik Ω
$\sigma(\mathcal{A})$	Aljabar- σ yang dibangun oleh \mathcal{A}
$\Sigma(\mathcal{A})$	Himpunan yang memuat semua aljabar- σ yang memuat \mathcal{A} , dituliskan $\Sigma(\mathcal{A}) = \{\mathcal{F} \mathcal{A} \subset \mathcal{F}\}$
(Ω, \mathcal{F})	Ruang terukur
μ	Ukuran, dengan $\mu: \mathcal{F} \rightarrow \overline{\mathbb{R}}_+$
$\mathcal{B}(\Omega)$	Aljabar- σ Borel pada Ω
$\mathcal{B}(\mathbb{R})$	Aljabar- σ terkecil yang memuat semua himpunan terbuka milik \mathbb{R}
$(\Omega, \mathcal{F}, \mu)$	Ruang ukuran
(E, \mathcal{E})	Ruang keadaan
X	Peubah acak, dengan $X: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$
$(X_i i = 1, \dots, m)$	Vektor acak, dengan $X_i: \Omega \rightarrow \mathbb{R}^m$
P_X	Distribusi peluang bagi X
$F := F_X$	Fungsi distribusi kumulatif bagi X
p_X	Fungsi massa peluang
f	Fungsi terukur Borel tak-negatif pada \mathbb{R} , disebut pula sebagai fungsi rapat peluang bagi X
$X(t, \omega)$	Proses stokastik, dapat pula dinyatakan $\{X(t), t \in T\}$ atau $\{X(\omega), \omega \in \Omega\}$
$X(t, \cdot)$	Peubah acak
$X(\cdot, \omega)$	Lintasan sampel

$B(t, \omega)$	Gerak Brown (baku)
$P(X(t_1) \leq c_1, \dots, X(t_m) \leq c_m)$	Peluang bersyarat
$P_{X(t_1), \dots, X(t_m)}$	Distribusi peluang bersama bagi $X(t_1), \dots$, dan $X(t_m)$
$\nu = P_{X_a}$	Distribusi peluang bagi proses Markov $X(t)$ di titik awal $X(a)$, dengan $a = t_1 < \dots < t_m \in T$
$P_{s,t}(t, \cdot)$	Peluang transisi bagi proses Markov $X(t)$, untuk untuk setiap $s < t \in T$
$\{P_{s,t}(t, \cdot)\}$	Himpunan peluang transisi bagi proses Markov yang memuat ukuran-ukuran peluang
$\{T_t\}$	Himpunan semua operator pada ruang Banach \mathcal{B} dengan norma $\ \cdot\ $, disebut kontraksi- C_0 semi-grup apabila ketiga syarat pada Kuo (2006), halm. 218 terpenuhi
P	Koefisien hanyutan bagi proses difusi $X(t)$
σ	Koefisien difusi bagi proses difusi $X(t)$
$F_{s,t}(t, \cdot)$	Fungsi distribusi bagi proses difusi $X(t)$, yang diberikan oleh $X(s) = x$
δ	Fungsi delta-Dirac
τ	Topologi
(H, τ)	Ruang topologis
M	Keragaman berdimensi- m
U	Subhimpunan milik (atau lingkungan di) M
$x \in U$	Sebarang titik di U
(U, ϕ)	Peta (atau sistem koordinat lokal) berdimensi- m
\mathcal{A}	Atlas berdimensi- m
$(M, [\mathcal{A}])$	Keragaman diferensiabel (licin)
C^∞	Himpunan diferensiabel (yang dapat diturunkan) hingga ananta kali
c	Kurva (atau lintasan) diferensiabel pada M
$I \subset \mathbb{R}$	Interval terbuka pada \mathbb{R}
$p \in T_x M$	Vektor singgung pada M
$\text{Germ}(x)$	Himpunan semua fungsi yang diferensiabel dari $\phi(U)$ ke \mathbb{R} yang licin di sekitar $\phi(x) = \phi(c(0))$
$T_x M$	Ruang singgung pada M di titik x

T_x^*M	Ruang singgung jodoh bagi T_xM
∂_{x^i}	Basis vektor bagi T_xM
dx^i	Basis jodoh bagi ∂_{x^i} , disebut basis koordinat bagi T_x^*M
η	Vektor singgung jodoh bagi p
(E, π, M)	Untingan
E	Ruang untingan (atau ruang total bagi untingan)
π	Proyeksi
π^{-1}	Prabayangan proyeksi
F_X	Serat-serat yang bersesuaian dengan $x \in M$
TM	Untingan singgung pada M di titik x
T^*M	Untingan singgung jodoh bagi TM
(p, x)	Anggota bagi TM
(η, x)	Anggota bagi T^*M
$X \in \mathcal{X}(M)$	Medan vektor pada M
$\Phi^X(t, x) = \Phi_t^X$	Aliran yang dibangkitkan oleh medan vektor X
$\Phi_t^{X^{-1}} = \Phi_{-t}^X$	Invers bagi aliran
$(-\varepsilon, \varepsilon) \in t$	Bilangan antara $-\infty$ dan ∞
$\mathcal{D}(X)$	Himpunan terbuka bagi $(0 \times M)$ di $(\mathbb{R} \times M)$
\mathcal{F}_L	Himpunan semua aliran
$(M, \varepsilon, \{\Phi_t^X\})$	Grup himpunan aliran (global) berparameter satu yang beranggotakan difeomorfisma-difeomorfisma pada M di titik x yang memenuhi tiga syarat grup
\mathcal{L}_X	Turunan Lie sepanjang Φ^X bagi medan vektor X
$[X, Y]$	Kurung Lie (atau komutator) bagi medan vektor X dan Y
g	Tensor metrik Riemann
$\mathcal{T}_0^2(M)$	Himpunan medan tensor kovarian berderajat-2 pada M
ω	Forma diferensiabel orde- m pada M
∇	Koneksi affine pada M
$\tau_{t,s}$	Pergeseran paralel sepanjang c dari $c(s)$ ke $c(t)$
L	Medan geodesik (atau medan vektor yang membangkitkan aliran geodesik) pada TM
$T(TM)$	Himpunan semua untingan singgung TM
$\mathcal{U} \in TU$	Lingkungan (atau himpunan terbuka) di TM
T	Tensor torsi
p	Momentum

R	Tensor kelengkungan Riemann (atau tensor Riemann)
L	Lagrangian
\mathcal{L}	Rapat Lagrangian
S	Aksi
s	Parameter affine
δS	Prinsip variasi aksi
$\Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}$	Simbol Christoffel
$R_{\mu\beta\nu}^{\alpha}$	Tensor Riemann
$R_{\mu\nu}$	Tensor Ricci
R	Skalar Ricci atau skalar kelengkungan
$G_{\mu\nu}$	Tensor Einstein
$T_{\mu\nu}$	Tensor energi-momentum
$J_{\mu\nu}$	Arus-4
Tr	Trace, jumlahan unsur-unsur diagonal utama matriks
n	Jumlah partikel
G	Konstanta gravitasi
$\kappa = 8\pi G$	Tetapan terkait dengan G
$\Delta_p = \nabla_p \cdot \nabla_p$	Operator Laplace relatif terhadap p , dengan simbol ∇_p , ∇_p mendenotasikan operator divergensi dan operator gradien
η	Tensor metrik Minkowski
h	Tensor metrik Riemannian yang terimbas metrik Minkowski
ΠM	<i>Mass shell</i> (atau <i>on-shell</i>), yaitu subkeragaman berdimensi-7 bagi TM dengan syarat $p^2 = -m^2$
\hat{L}	Operator Vlasov (atau Liouville), didefinisikan sebagai proyeksi bagi medan geodesik L pada <i>mass shell</i>
$\Delta_p^{(h)}$	Operator Laplace-Beltrami yang terkait dengan h pada $\Pi_x M$
D_p	Operator difusi
$\mathcal{T}_{\mu\nu}$	Tensor energi-momentum tambahan
$\omega_{\mu\nu}$	Tensor vortisitas fluida
μ^μ	Kecepatan-4
\square	Operator d'Alembert
Λ	Konstanta kosmologis
ϕ	Medan skalar kosmologis
$\delta g_{\mu\nu}$	Metrik usikan pada metrik latar $\bar{g}_{\mu\nu}$
$O(h^2)$	Galat yang terkait dengan h untuk orde-2 dan seterusnya



\mathcal{J}	Distribusi Jüttner (atau distribusi Maxwellan relativistik)
D	Matriks difusi relativistik
$H_{\mu\nu}$	Metrik usikan <i>trace-reverse</i> pada koordinat 'hampir-kartesian' x^μ
$H'_{\mu\nu}$	Metrik usikan <i>trace-reverse</i> pada koordinat 'hampir-kartesian' baru x'^μ
ξ^μ	Simpangan antara x^μ dan x'^μ
k_B	Konstanta Boltzmann
T	Suhu mutlak
$\xi(t)$	Gaya fluktuasi