

Nama : Rabiatul Adawwiah

NPM : 2213022073

DISKUSI PERTEMUAN KE-3

a. Transformasi Koordinat Ruang–Waktu (Transformasi Lorentz)

Misalkan ada dua kerangka inersial:

* (S(x,t)): kerangka diam (Bumi).

* (S'(x',t')): kerangka bergerak dengan kecepatan (v) sepanjang sumbu (x).

Kedua kerangka memiliki asal yang berimpit pada ($t = t' = 0$). Maka koordinat (x) dan (t) terkait dengan transformasi Lorentz

$$x' = \gamma(x - vt), \quad t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right),$$

dengan faktor Lorentz:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Untuk arah tegak lurus gerakan, koordinat tidak berubah:

$$y' = y, \quad z' = z.$$

Transformasi ini menjaga **interval ruang–waktu**:

$$s^2 = c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2 \Rightarrow s'^2 = s^2$$

Artinya, hukum fisika tetap sama pada semua kerangka inersial.

b. Kontraksi Panjang & Dilatasi Waktu

1. Kontraksi Panjang

Misalkan sebuah batang diam di kerangka (S') memiliki panjang **asli** ($L_0 = x'_B - x'_A$).

Bila diukur dari kerangka (S) yang melihat batang bergerak dengan kecepatan (v):

$$L = x_B - x_A = \frac{L_0}{\gamma} = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Panjang benda menyusut sepanjang arah gerak.

2. Dilatasi Waktu

Misalkan ada dua kejadian pada satu jam tangan yang diam di kerangka (S'), dipisahkan oleh interval waktu sebenarnya

$$\Delta t_0 = t'_2 - t'_1.$$

Dalam kerangka (S), interval waktu antara kedua kejadian adalah:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

Waktu yang diukur pengamat luar lebih lama (jam bergerak tampak berjalan lambat).

c. Paradoks Kembar (Twin Paradox)

Dua orang kembar:

Kembar A: tinggal di Bumi (kerangka (S)).

Kembar B: bepergian ke bintang dengan kecepatan (v), lalu kembali.

Perhitungan Matematis

Jika perjalanan menurut jam di Bumi memakan waktu Δt :

Waktu yang dialami kembar B di pesawat (waktu sebenarnya) adalah:

$$\Delta \tau = \frac{\Delta t}{\gamma} = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Dengan demikian:

Kembar di Bumi berumur Δt

Kembar di pesawat berumur $\Delta \tau < \Delta t$.

Contoh Numerik

Misal: perjalanan ke bintang butuh (10) tahun menurut Bumi ($\Delta t = 10$ tahun), kecepatan pesawat ($v = 0.8c$).

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (0.8)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0.36}} = \frac{1}{0.6} \approx 1.67.$$

Waktu di pesawat:

$$\Delta \tau = \frac{10}{1.67} \approx 6 \text{ tahun}$$

Saat kembali, kembar A (di Bumi) berumur 10 tahun lebih tua, sedangkan kembar B hanya 6 tahun lebih tua.

Inti Matematis:

- * Transformasi Lorentz menggantikan transformasi Galilean.
- * Kontraksi panjang: ($L = L_0 / \gamma$).
- * Dilatasi waktu: ($\Delta t = \gamma \Delta t_0$).
- * Paradoks kembar: waktu tempuh kembar yang bergerak **lebih pendek** sehingga ia **lebih muda** saat kembali.