



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng - Bandar Lampung Telp./Fax: (0721) 704624
e-mail: fkip@unila.ac.id, laman: <http://fkip.unila.ac.id>

BAHAN PRESENTASI

KELOMPOK 1: GPS, Satelit Navigasi, dan Dilatasi Waktu

Judul Presentasi : “Mengapa GPS Tidak Akan Bekerja Tanpa Relativitas Umum?”

Poin Diskusi yang Wajib Dibahas

1. **Cara kerja GPS secara umum**
 - 24 satelit
 - Pengiriman sinyal waktu
 - Triangulasi posisi
2. **Mengapa relativitas diperlukan dalam GPS**
 - Jam di satelit lebih cepat (gravitasi lebih lemah)
 - Jam di satelit lebih lambat (kecepatan tinggi → Relativitas Khusus)
 - Selisih total $\approx +38$ mikrodetik per hari
3. **Perhitungan koreksi waktu sederhana**
 - Efek GR $\approx +45$ $\mu\text{s/hari}$
 - Efek SR ≈ -7 $\mu\text{s/hari}$
 - Hasil bersih $\approx +38$ $\mu\text{s/hari}$
4. **Apa yang terjadi jika koreksi diabaikan**
 - Error posisi bisa mencapai ± 10 km/hari
 - Satelit menjadi tidak akurat dalam navigasi global
5. **Contoh nyata penerapan**
 - Google Maps
 - Sistem navigasi pesawat
 - Pengukuran geodesi Bumi
6. **Ilustrasi & media yang harus ditampilkan**
 - Diagram orbit satelit
 - Contoh sinyal GPS
 - Grafik perbedaan laju waktu



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng - Bandar Lampung Telp./Fax: (0721) 704624
e-mail: fkip@unila.ac.id, laman: <http://fkip.unila.ac.id>

KELOMPOK 2: Gravitational Lensing & Pembelokan Cahaya

Judul Presentasi : “Lensa Gravitasi: Kaca Pembesar Alam Semesta”

Poin Diskusi yang Wajib Dibahas

1. Mengapa cahaya dapat dibelokkan?

- Cahaya mengikuti geodesik ruang-waktu
- Medan gravitasi besar → ruang melengkung

2. Persamaan pembelokan cahaya (Einstein)

$$\alpha = \frac{4GM}{c^2 b}$$

(Tidak perlu penurunan matematis lengkap.)

3. Tipe gravitational lensing

- Strong lensing
- Weak lensing
- Microlensing

4. Einstein Ring

- Kondisi geometri pembentukan
- Contoh observasi nyata (Hubble/JWST)

5. Aplikasi dalam astronomi

- Mengukur massa galaksi dan cluster
- Menemukan dark matter (peta distribusi massa)
- Melihat galaksi jauh yang tak terlihat (magnifikasi)

6. Ilustrasi yang harus ditampilkan

- Gambar Einstein Ring
- Diagram jalur cahaya yang dibelokkan



KELOMPOK 3: Black Hole: Horizon Peristiwa & Observasi

Judul Presentasi : “Black hole: Struktur, Horizon peristiwa, dan bukti Observasi Modern”

Poin Diskusi yang Wajib Dibahas

1. Apa itu black hole?

- Massa terkompresi → kelengkungan ekstrem
- Tidak ada yang bisa keluar setelah horizon

2. Radius Schwarzschild

$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

- Contoh perhitungan untuk Bumi & Matahari

3. Horizon peristiwa

- Batas ruang-waktu
- Waktu melambat drastis di dekat horizon
- Cahaya → redshift tak terhingga

4. Struktur black hole

- Horizon
- Disk akresi
- Jet relativistik
- (Opsional) Black hole berputar (Kerr)

5. Observasi modern

- Foto “bayangan” black hole M87* (EHT)
- Sagitarius A* sebagai black hole pusat galaksi

6. Aplikasi ilmiah

- Evolusi galaksi
- Sumber sinar-X kuat
- Energi dari akresi

7. Visual yang harus ditampilkan

- Shadow black hole
- Diagram horizon/disk akresi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng - Bandar Lampung Telp./Fax: (0721) 704624
e-mail: fkip@unila.ac.id, laman: <http://fkip.unila.ac.id>

KELOMPOK 4: Gravitational Lensing & Pembelokan Cahaya

Judul Presentasi : “Gelombang Gravitasi: Deteksi LIGO dan Revolusi Baru dalam Astronomi”

Poin Diskusi yang Wajib Dibahas

1. **Apa itu gelombang gravitasi?**
 - Riak ruang-waktu akibat percepatan massa besar
 - Merambat dengan kecepatan cahaya
2. **Sumber gelombang gravitasi**
 - Merger black hole
 - Merger neutron star
 - Supernova
3. **Sinyal pertama GW150914**
 - Deteksi pada 2015
 - Massa dua black hole
 - Frekuensi & pola chirp
4. **Cara kerja LIGO (Interferometer)**
 - Dua lengan panjang 4 km
 - Interferensi cahaya laser
 - Sensitivitas: 1/10.000 diameter proton
5. **Apa yang dipelajari dari gelombang gravitasi?**
 - Massa & spin black hole
 - Konfirmasi relativitas umum
 - Astronomi multi-messenger
6. **Visual yang wajib ditampilkan**
 - Grafik strain LIGO
 - Diagram interferometer



KELOMPOK 5: Kosmologi Relativistik, Parameter Hubble & Model Jagad Raya
Judul Presentasi : “Ekspansi Alam Semesta: Parameter Hubble dan Model Jagad Raya
dalam Kosmologi Relativistik”

Poin Diskusi yang Wajib Dibahas

1. **Konsep perluasan alam semesta**
 - Ruang itu sendiri mengembang
 - Galaksi saling menjauh
2. **Parameter Hubble**

$v = H_0 d$

 - Pengukuran kelajuan galaksi
 - Perhitungan sederhana nilai H_0
3. **Model FLRW (gambaran konsep)**
 - Homogen dan isotropik
 - Tidak perlu penurunan matematis
4. **Persamaan Friedmann (konsep)**
 - Menghubungkan energi—materi—ekspansi
5. **Model Semesta**
 - Datar ($k = 0$)
 - Terbuka ($k = -1$)
 - Tertutup ($k = +1$)
6. **Energi gelap & percepatan ekspansi**
 - Bukti dari supernova tipe Ia
 - Peran konstanta kosmologis
7. **Visual yang wajib ditampilkan**
 - Grafik ekspansi (Hubble diagram)
 - Model geometri alam semesta