

**RENCANA PROGRAM DAN  
KEGIATAN PEMBELAJARAN SEMESTER  
(RPKPS)**



**Teori Relativitas Umum**

Semester gasal/ 3 SKS / MFF 5041

**Magister Fisika**

**Oleh**

Arief Hermanto

**Universitas Gadjah Mada  
Fakultas MIPA  
2021**



**Universitas Gadjah Mada**  
Fakultas MIPA, Departemen Fisika  
Program Studi Magister (S2) Fisika

**RENCANA PROGRAM DAN KEGIATAN PEMBELAJARAN SEMESTER (RPKPS)**

Kode Mata Kuliah	Nama Mata Kuliah	Bobot (sks)	Semester	Status Mata Kuliah	Mata Kuliah Prasyarat	
MFF 5041	Teori Relativitas Umum	3 sks	gasal	pilihan	-	
Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) yang dibebankan pada MK	CPU1	CPU1. Menguasai bidang dasar ilmu fisika yang meliputi kajian Elektrodinamika, Mekanika Klasik, dan Mekanika Kuantum.				
	CPU2	CPU2. Menguasai dan mampu menerapkan salah satu bidang ilmu Fisika Lanjut.				
	CPU3	CPU3. Menguasai kemampuan untuk mengkaji suatu permasalahan di dalam suatu bidang Fisika melalui penelitian.				
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	CPMK1	Mahasiswa memahami: Kilas balik teori relativitas khusus: postulat Einstein untuk relativitas khusus, transformasi Lorentz, ; ruang Minkowski, kerucut ruang waktu dan kausalitas, garis dunia, swa-waktu, pengamat. ; Prinsip Kesetaraan dan kovariansi: prinsip kesetaraan lemah, prinsip kesetaraan, prinsip kesetaraan Einstein, prinsip kovariansi, akibat prinsip kesetaraan.				
	CPMK2	Mahasiswa memahami: Teori Keragaman: peta dan atlas, atlas maksimum, struktur diferensial, keragaman licin, ; kurva dan fungsi, vector singgung dan vector singgung pendamping, ruang singgung dan ruang singgung pendamping, medan vector dan medan vector pendamping, ; kurva turunan Lie dan kurung Lie, dasar-dasar aljabar bagi tensor, medan tensor, penfasiran tensor, basis local, komponen-komponen tensor,				
	CPMK3	Mahasiswa memahami: alih ragam tensor, produk tensor, kontraksi, turunan Lie, turunan tensor, bentuk diferensial, bentuk bilinear setangkup.; Keragaman Semi-Riemannian: tensor metrik, isometri, indeks metrik, koneksi Levi-Civita, pergeseran paralel.; turunan kovarian, geodesik dan persamaan geodesik, pemetaan eksponensial, kelengkungan Riemann, medan kerangka, kelengkungan Ricci dan skalar Ricci.				
	CPMK4	Mahasiswa memahami: Energi, materi, gravitasi dan geometri: tensor energi dan momentum, tensor energi momentum untuk beberapa kasus: debu, zat alir sempurna, persamaan medan klasik, ; hubungan antara geometri ruang-waktu dengan energi dan materi.; hubungan kelengkungan ruang waktu dengan dinamika materi.				
	CPMK5	Mahasiswa memahami: Persamaan medan Einstein: perumusan persamaan medan Einstein, sifat-sifat persamaan medan Einstein.; Jawaban Schwarzschild.				
Pemetaan CPL dengan CPMK		<b>CPMK 1</b>	<b>CPMK 2</b>	<b>CPMK 3</b>	<b>CPMK 4</b>	<b>CPMK 5</b>
	CPU1	√	√	√	√	√
	CPU2	√	√	√	√	√
	CPU3	√	√	√	√	√
		√	√	√	√	√
		√	√	√	√	√
Deskripsi Singkat Mata Kuliah	Matakuliah Teori Relativitas Umum adalah matakuliah pilihan program studi Magister Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, yang merupakan matakuliah pilihan KBK Fisika Teoretik dan Komputasional. Mata kuliah ini dapat diambil mahasiswa di semester genap kuliahnya.  Berikut adalah silabus matakuliah ini:					

	<p>Kilas balik teori relativitas khusus: postulat Einstein untuk relativitas khusus, transformasi Lorentz, ruang Minkowski, kerucut ruang waktu dan kausalitas, garis dunia, swa-waktu, pengamat. Prinsip Kesetaraan dan kovariansi: prinsip kesetaraan lemah, prinsip kesetaraan, prinsip kesetaraan Einstein, prinsip kovariansi, akibat prinsip kesetaraan. Teori Keragaman: peta dan atlas, atlas maksimum, struktur diferensial, keragaman licin, kurva dan fungsi, vector singgung dan vector singgung pendamping, ruang singgung dan ruang singgung pendamping, medan vector dan medan vector pendamping, kurva turunan Lie dan kurung Lie, dasar-dasar aljabar bagi tensor, medan tensor, penfasiran tensor, basis local, komponen-komponen tensor, alih ragam tensor, produk tensor, kontraksi, turunan Lie, turunan tensor, bentuk diferensial, bentuk bilinear setangkep. Keragaman Semi-Riemannian: tensor metrik, isometri, indeks metrik, koneksi Levi-Civita, pergeseran para- lel, turunan kovarian, geodesik dan persamaan geodesik, pemetaan eksponensial, kelengkungan Riemann, medan kerangka, kelengkungan Ricci dan skalar Ricci. Energi, materi, gravitasi dan geometri: tensor energi dan momentum, tensor energi momentum untuk beberapa kasus: debu, zat alir sempurna, persamaan medan klasik, hubungan antara geometri ruang-waktu dengan energi dan materi, hubungan kelengkungan ruang waktu dengan dinamika materi. Persamaan medan Einstein: perumusan persamaan medan Einstein, sifat-sifat persamaan medan Einstein, jawaban Schwarzschild.</p> <p>Matakuliah ini terdiri dari 14 minggu pertemuan, setiap minggunya terdiri dari 3 jam pertemuan (1 jam = 50 menit). Metode pembelajaran yang digunakan adalah metode blended learning dengan media ajar synchronous googlemeet/webex dan asynchronous googleclassroom/elok..</p>																																																	
<p>Bahan Kajian/Materi Pembelajaran</p>	<p>Berikut adalah topik-topik bahasan yang akan disampaikan pada saat perkuliahan:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kilas balik teori relativitas khusus: postulat Einstein untuk relativitas khusus, transformasi Lorentz,</li> <li>2. ruang Minkowski, kerucut ruang waktu dan kausalitas, garis dunia, swa-waktu, pengamat.</li> <li>3. Prinsip Kesetaraan dan kovariansi: prinsip kesetaraan lemah, prinsip kesetaraan, prinsip kesetaraan Einstein, prinsip kovariansi, akibat prinsip kesetaraan.</li> <li>4. Teori Keragaman: peta dan atlas, atlas maksimum, struktur diferensial, keragaman licin,</li> <li>5. kurva dan fungsi, vector singgung dan vector singgung pendamping, ruang singgung dan ruang singgung pendamping, medan vector dan medan vector pendamping,</li> <li>6. kurva turunan Lie dan kurung Lie, dasar-dasar aljabar bagi tensor, medan tensor, penfasiran tensor, basis local, komponen-komponen tensor,</li> <li>7. alih ragam tensor, produk tensor, kontraksi, turunan Lie, turunan tensor, bentuk diferensial, bentuk bilinear setangkep.</li> <li>8. Keragaman Semi-Riemannian: tensor metrik, isometri, indeks metrik, koneksi Levi-Civita, pergeseran paralel,</li> <li>9. turunan kovarian, geodesik dan persamaan geodesik, pemetaan eksponensial, kelengkungan Riemann, medan kerangka, kelengkungan Ricci dan skalar Ricci.</li> <li>10. Energi, materi, gravitasi dan geometri: tensor energi dan momentum, tensor energi momentum untuk beberapa kasus: debu, zat alir sempurna, persamaan medan klasik,</li> <li>11. hubungan antara geometri ruang-waktu dengan energi dan materi,</li> <li>12. hubungan kelengkungan ruang waktu dengan dinamika materi.</li> <li>13. Persamaan medan Einstein: perumusan persamaan medan Einstein, sifat-sifat persamaan medan Einstein,</li> <li>14. Ruangwaktu Schwarzschild.</li> </ol>																																																	
<p>Metode Penilaian dan Kaitan dengan CPMK</p>	<table border="1" data-bbox="373 1666 1493 1962"> <thead> <tr> <th>Komponen Penilaian</th> <th>Persentase</th> <th>CPMK 1</th> <th>CPMK 2</th> <th>CPMK 3</th> <th>CPMK 4</th> <th>CPMK 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tugas kuis sebelum UTS</td> <td>5</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> </tr> <tr> <td>Tugas PR sebelum UTS</td> <td>5</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> </tr> <tr> <td>UTS</td> <td>40</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> </tr> <tr> <td>Tugas kuis setelah UTS</td> <td>5</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> </tr> <tr> <td>Tugas PR setelah UTS</td> <td>5</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> </tr> <tr> <td>UTS</td> <td>40</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> <td>√</td> </tr> </tbody> </table>	Komponen Penilaian	Persentase	CPMK 1	CPMK 2	CPMK 3	CPMK 4	CPMK 5	Tugas kuis sebelum UTS	5	√	√	√	√	√	Tugas PR sebelum UTS	5	√	√	√	√	√	UTS	40	√	√	√	√	√	Tugas kuis setelah UTS	5	√	√	√	√	√	Tugas PR setelah UTS	5	√	√	√	√	√	UTS	40	√	√	√	√	√
Komponen Penilaian	Persentase	CPMK 1	CPMK 2	CPMK 3	CPMK 4	CPMK 5																																												
Tugas kuis sebelum UTS	5	√	√	√	√	√																																												
Tugas PR sebelum UTS	5	√	√	√	√	√																																												
UTS	40	√	√	√	√	√																																												
Tugas kuis setelah UTS	5	√	√	√	√	√																																												
Tugas PR setelah UTS	5	√	√	√	√	√																																												
UTS	40	√	√	√	√	√																																												
<p>Daftar Bahan dan Referensi</p>	<p>Carroll S., 2004, Spacetime and Geometry. An Introduction to General Relativity, Addison-Wesley, New York.</p>																																																	

Nama Dosen Pengampu ( <i>Team Teaching</i> )	Arief Hermanto, , ,		
<b>Otorisasi</b>	Tanggal Penyusunan	Koordinator Mata Kuliah	Ketua Komite Kurikulum
	11 Februari 2021	Dr. Arief Hermanto	Dr. Ing. Ari Setiawan

## Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan

Minggu Ke-	Sub-CPMK (Kemampuan Akhir yang Direncanakan)	Metode Penilaian			Bahan Kajian (Materi Pembelajaran)	Metode Pembelajaran	Beban Waktu Pembelajaran	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Media Pembelajaran	Pustaka dan Sumber Belajar Eksternal
		Indikator	Komponen	Bobot (%)						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	Mahasiswa memahami: Kilas balik teori relativitas khusus: postulat Einstein untuk relativitas khusus, transformasi Lorentz,	Mahasiswa mampu menjawab pertanyaan	Tugas PR/kuis	1	Kilas balik teori relativitas khusus: postulat Einstein untuk relativitas khusus, transformasi Lorentz,	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
2	Mahasiswa memahami: ruang Minkowski, kerucut ruang waktu dan kausalitas, garis dunia, swa-waktu, pengamat.	Mahasiswa mampu menjawab pertanyaan	Tugas PR/kuis	1	ruang Minkowski, kerucut ruang waktu dan kausalitas, garis dunia, swa-waktu, pengamat.	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
3	Mahasiswa memahami: Prinsip Kesetaraan dan kovariansi: prinsip kesetaraan lemah, prinsip kesetaraan, prinsip kesetaraan Einstein, prinsip	Mahasiswa mampu menjawab pertanyaan	Tugas PR/kuis	1	Prinsip Kesetaraan dan kovariansi: prinsip kesetaraan lemah, prinsip kesetaraan, prinsip kesetaraan Einstein, prinsip kovariansi, akibat prinsip kesetaraan.	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks

	kovariansi, akibat prinsip kesetaraan.									
4	Mahasiswa memahami: Teori Keragaman: peta dan atlas, atlas maksimum, struktur diferensial, keragaman licin,	Mahasiswa mampu menjawab 70% pertanyaan	Tugas PR/kuis	1	Teori Keragaman: peta dan atlas, atlas maksimum, struktur diferensial, keragaman licin,	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
5	Mahasiswa memahami: kurva dan fungsi, vector singgung dan vector singgung pendamping, ruang singgung dan ruang singgung pendamping, medan vector dan medan vector pendamping,	Mahasiswa mampu menjawab 70% pertanyaan	Tugas PR/kuis	2	kurva dan fungsi, vector singgung dan vector singgung pendamping, ruang singgung dan ruang singgung pendamping, medan vector dan medan vector pendamping,	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
6	Mahasiswa memahami: kurva turunan Lie dan kurung Lie, dasar-dasar aljabar bagi tensor, medan tensor, penfasiran tensor, basis local, komponen-komponen tensor,	Mahasiswa mampu menjawab 70% pertanyaan	Tugas PR/kuis	2	kurva turunan Lie dan kurung Lie, dasar-dasar aljabar bagi tensor, medan tensor, penfasiran tensor, basis local, komponen-komponen tensor,	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
7	Mahasiswa memahami: alih ragam tensor, produk tensor, kontraksi, turunan Lie, turunan tensor, bentuk diferensial, bentuk bilinear setangkup.	Mahasiswa mampu menjawab 70%	Tugas PR/kuis	2	alih ragam tensor, produk tensor, kontraksi, turunan Lie, turunan tensor, bentuk diferensial, bentuk bilinear setangkup.	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks

		pertanyaan						mengerjakan tugas		
			UTS	40						
8	Mahasiswa memahami: Keragaman Semi-Riemannan: tensor metrik, isometri, indeks metrik, koneksi Levi-Civita, pergeseran paralel,				Keragaman Semi-Riemannan: tensor metrik, isometri, indeks metrik, koneksi Levi-Civita, pergeseran paralel,	Blended learning synchronous dan asynchronous	2 x 50 menit 1 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
9	Mahasiswa memahami: turunan kovarian, geodesik dan persamaan geodesik, pemetaan eksponensial, kelengkungan Riemann, medan kerangka, kelengkungan Ricci dan skalar Ricci.	Mahasiswa mampu menjawab 70% pertanyaan	Tugas PR/kuis	2	turunan kovarian, geodesik dan persamaan geodesik, pemetaan eksponensial, kelengkungan Riemann, medan kerangka, kelengkungan Ricci dan skalar Ricci.	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
10	Mahasiswa memahami: Energi, materi, gravitasi dan geometri: tensor energi dan momentum, tensor energi momentum untuk beberapa kasus: debu, zat alir sempurna, persamaan medan klasik,	Mahasiswa mampu menjawab 70% pertanyaan	Tugas PR/kuis	2	Energi, materi, gravitasi dan geometri: tensor energi dan momentum, tensor energi momentum untuk beberapa kasus: debu, zat alir sempurna, persamaan medan klasik,	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
11	Mahasiswa memahami: hubungan antara geometri ruang-	Mahasiswa mampu	Tugas PR/kuis	2	hubungan antara geometri ruang-waktu	Blended learning synchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi,	Sinkron (google meet), Asinkron	Buku teks

	waktu dengan energi dan materi,	u menjabar 70% pertanyaan			dengan energi dan materi,	dan asynchronous		melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	(google classroom, video)	
12	Mahasiswa memahami: hubungan kelengkungan ruang waktu dengan dinamika materi.	Mahasiswa mampu menjabar 70% pertanyaan	Tugas PR/kuis	2	hubungan kelengkungan ruang waktu dengan dinamika materi.	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
13	Mahasiswa memahami: Persamaan medan Einstein: perumusan persamaan medan Einstein, sifat-sifat persamaan medan Einstein,	Mahasiswa mampu menjabar 70% pertanyaan	Tugas PR/kuis	2	Persamaan medan Einstein: perumusan persamaan medan Einstein, sifat-sifat persamaan medan Einstein,	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
14	Mahasiswa memahami: Ruangwaktu Schwarzschild.	Mahasiswa mampu menjabar 70% pertanyaan	Tugas PR/kuis	2	Ruangwaktu Schwarzschild.	Blended learning synchronous dan asynchronous	3 x 50 menit	Mendengar, bertanya, berdiskusi, melihat video rekaman kuliah, dan mengerjakan tugas	Sinkron (google meet), Asinkron (google classroom, video)	Buku teks
			UAS	40	UAS					



