

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



**Fisika Kuantum II**

Semester 4 / 3 SKS / MFF 2035

Fisika

**Oleh**

Drs. Pekik Nurwantoro, M.S., Ph.D.

Dr. M.F. Rosyid

**Universitas Gadjah Mada  
Fakultas MIPA  
2022**



# Universitas Gadjah Mada

Fakultas MIPA

Program Studi S1 Fisika

## RENCANA PROGRAM DAN KEGIATAN PEMBELAJARAN SEMESTER (RPKPS)

Kode Mata Kuliah	Nama Mata Kuliah	Bobot (sks)	Semester	Status Mata Kuliah	Mata Kuliah Prasyarat
MFF 2035	Fisika Kuantum II	3	4	Wajib	MFF 2034
Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) yang dibebankan pada MK	CPL2	Mampu menjelaskan konsep-konsep teoritis dan prinsip-prinsip fisika klasik dan modern, serta mampu mengaplikasikan konsep-konsep dasar fisika dan metode matematika terkait dalam mencari solusi suatu permasalahan fisis.			
	CPL4	Mampu merancang dan melaksanakan percobaan/tinjauan teoretis, mampu mengidentifikasi suatu permasalahan fisis berdasarkan hasil observasi dan eksperimen, serta mampu mengoperasikan teknologi terkait.			
	CPL5	Mampu menganalisis berbagai solusi alternatif yang ada terhadap permasalahan fisis dan menyimpulkannya untuk pengambilan keputusan yang tepat, baik dalam masalah yang familiar maupun baru.			
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	CPMK1	Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam <i>Physics Skills</i> , yaitu bagaimana untuk merumuskan dan memerikan ( <i>to describe</i> ) gejala fisika yang sedang dikaji dan mengungkap informasi penting yang terkandung dalam masalah fisika tersebut melalui berbagai trik atau prosedur matematika tertentu serta memanfaatkan berbagai langkah pendekatan ( <i>approximations</i> ).			
	CPMK2	Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam <i>Analytical Skills</i> , yaitu bagaimana untuk memperhatikan permasalahan fisika dengan rinci ( <i>detail</i> ), menganalisis persoalan dan membangun argumentasi secara logis dan seksama.			
	CPMK3	Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam <i>Investigative Skills</i> , yaitu bagaimana untuk melakukan penelusuran permasalahan fisika dari berbagai sumber dan rujukan untuk mendapatkan pemahaman bagi suatu informasi penting.			
	CPMK4	Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i> , yaitu bagaimana untuk memecahkan suatu persoalan dengan penyelesaian yang terstruktur ( <i>well-defined solutions</i> ), merumuskan suatu masalah dengan cermat dan mencoba pendekatan ( <i>approaches</i> ) lain dalam upaya untuk memperbaiki pemecahan suatu masalah yang menantang ( <i>challenging problems</i> ).			
Pemetaan CPL dengan CPMK		CPMK 1	CPMK 2	CPMK 3	CPMK 4
	CPL2	√		√	
	CPL4	√	√		
	CPL5			√	√
Deskripsi Singkat Mata Kuliah	<p>Mata kuliah Fisika Kuantum II merupakan kelanjutan dari mata kuliah Fisika Kuantum I, yang keduanya tercakup pada topik atau kajian tentang Mekanika Kuantum. Mekanika Kuantum merupakan bidang fisika yang mengkaji fenomena fisis dalam skala mikroskopik. Konsekuensi dari ukuran sistem yang begitu kecil dalam sistem mikroskopik tersebut, beberapa fenomena fisis yang muncul secara alamiah di dalamnya akan sepiut nampak ganjil menurut pemahaman sehari-hari. Kata <i>kuantum</i> dalam istilah Mekanika Kuantum merupakan contoh salah satu fenomena fisis yang nampak ganjil tersebut, yaitu berubahnya beberapa besaran fisis dari keadaan kontinu (malar) dalam sistem makroskopik menjadi keadaan diskret (terkuantisasi) saat berada dalam sistem mikroskopik. Dengan melihat kembali awal perkembangan mekanika kuantum pada awal abad ke 20, Max Planck berhasil menjelaskan spektrum radiasi benda hitam dengan tuntas ketika mengasumsikan bahwa cahaya terdiri atas kuantisasi besaran fisis berupa paket-paket tenaga. Beberapa gejala fisis lain ternyata juga hanya dapat dijelaskan dengan peninjauan sejenis Max Planck tersebut, antara lain yang terjadi pada efek fotolistrik dan efek Compton.</p> <p>Fenomena ganjil lain dalam sistem mikroskopik yang cukup populer adalah berlakunya azas ketidakpastian Heisenberg. Pada azas ini, beberapa pasangan besaran fisis ternyata saling terkait sedemikian hingga</p>				

	<p>apabila salah satu besaran dapat diukur dengan pasti atau ketelitian sangat tinggi, sebagai akibatnya pasangan besaran fisis yang lain tidak mungkin dapat diukur dengan pasti. Dalam sistem makroskopik atau pengalaman sehari-hari, asas ketidakpastian Heisenberg nampak tidak relevan mengingat ketelitian pengukuran satu besaran tidak akan tergantung pada besaran yang lain.</p> <p>Ada beberapa pendekatan (<i>approach</i>) untuk mempelajari Mekanika Kuantum. Dua pendekatan yang umum digunakan adalah pendekatan berlandaskan pada metode penyelesaian persamaan diferensial yang berbentuk mirip persamaan Gelombang, disebut persamaan Schrodinger, serta pendekatan lain berlandaskan pada metode penyelesaian aljabar Matrik. Adanya dua pendekatan tersebut menyebabkan Mekanika Kuantum kadang juga disebut Mekanika Gelombang atau Mekanika Matrik. Melalui penyelesaian persamaan Schrodinger, dua faktor kesulitan yang biasa ditemui saat berhadapan dengan masalah fisika tertentu yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyelesaian persamaan Schrodinger pada umumnya berbentuk fungsi kompleks, sedangkan besaran fisis semestinya bernilai real. Dengan demikian dalam Mekanika Kuantum, yang berbeda dalam Mekanika Klasik, diperlukan suatu mekanisme atau prosedur matematika yang mampu menghasilkan nilai real berdasar ungkapan yang melibatkan fungsi kompleks.</li> <li>• Terlibatnya banyak peubah bebas, bahkan dalam banyak kasus peubah bebas tersebut saling terganteng, sehingga memerlukan penyelesaian persamaan diferensial parsial (<i>partial differential equations</i>), bukan persamaan diferensial biasa (<i>ordinary differential equations</i>).</li> </ul> <p>Selain faktor kesulitan dari sisi teknik penyelesaian di atas, kesulitan lain yang biasa ditemui dalam proses pembelajaran topik Mekanika Kuantum adalah diperlukannya sedikit abstraksi untuk memahami suatu masalah fisika. Ini dapat terjadi karena fenomena atau permasalahan fisika yang dikaji tersebut berada dalam ranah yang sulit untuk dibayangkan, dialami atau <i>dilihat</i> secara langsung dalam pengalaman sehari-hari, yaitu dalam ranah mikroskopik, sedangkan pengalaman sehari-hari atau persepsi didasarkan dalam ranah makroskopik.</p> <p>Dalam mata kuliah Fisika Kuantum I, pendekatan (<i>approach</i>) pembelajaran berdasar penyelesaian persamaan diferensial bagi Persamaan Schrodinger maupun penyajian matrik berdasar notasi Dirac, telah ditempuh untuk beberapa model permasalahan fisika sederhana. Sebagai kelanjutan, Fisika Kuantum II membahas beberapa permasalahan fisika yang lebih kompleks dan model yang lebih realistis. Beberapa permasalahan baru yang terkait dengan metode penyelesaian akan muncul berupa gandengan (<i>coupling</i>) antar besaran fisis, keterlibatan banyak peubah bebas serta bentuk persamaan diferensial yang tidak baku. Akibatnya beberapa metode penyelesaian menjadi penting untuk diperkenalkan, seperti metode operator atau aljabar serta berbagai metode pendekatan (<i>approximations</i>). Untuk membantu mengatasi kesulitan ini, proses pendalaman materi kuliah juga sering ditambahkan dengan penggambaran visual untuk mengurangi adanya kesulitan abstraksi dalam memahami materi perkuliahan. Selain itu, proses pembelajaran Fisika Kuantum II secara berkala juga dilengkapi dengan pemberian Tugas atau Pekerjaan Rumah atau <i>Assignment</i> kepada mahasiswa untuk meningkatkan ketrampilan <i>problem-solving</i> dan pemahaman terhadap materi kuliah.</p> <p><b>Tujuan Pembelajaran</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Memberikan pemahaman kepada mahasiswa bahwa beberapa fenomena alam dalam skala mikroskopik ternyata membutuhkan Mekanika Kuantum untuk menjelaskan fenomena tersebut agar sesuai dengan realita atau hasil eksperimen.</li> <li>b. Mengenalkan kepada mahasiswa beberapa prosedur matematika formal dan metode pendekatan (<i>approximations</i>) yang menjadi landasan untuk pengkajian berbagai masalah Fisika dalam Mekanika Kuantum.</li> <li>c. Melatih ketrampilan mahasiswa dalam <i>problem-solving</i>, melalui pemaparan beberapa metode penyelesaian persamaan Schrodinger untuk berbagai contoh sistem fisika yang biasa muncul di alam dan melibatkan permasalahan banyak benda (<i>many body problems</i>).</li> </ol>
Bahan Kajian/Materi Pembelajaran	<p>Penjelasan terkait dinamika sistem kuantum dan persamaan Schrodinger gayut waktu serta pemahaman konsep momentum sudut, dan spin menggunakan penyajian notasi Dirac (<i>bra-ket</i>) untuk mengkaji berbagai permasalahan sistem kuantum meliputi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tinjauan gandengan (<i>coupling</i>) momentum sudut dan spin pada sistem atom kompleks dan padatan.</li> </ol>

	b. Berbagai metode aproksimasi untuk penyelesaian permasalahan sistem $N$ -body dan partikel identik dengan memanfaatkan persamaan Schrodinger maupun perumusan <i>second quantization</i> . c. Pemanfaatan teori gangguan tak gayut dan gayut waktu. d. Penggunaan metode variasiional. e. Penggunaan metode WKB serta metode lainnya seperti dekomposisi matrik <i>Suzuki-Trotter</i> . f. Tinjauan pendekatan Born (Born approximation) untuk hamburan kuantum.					
Metode Penilaian dan Kaitan dengan CPMK	<b>Komponen Penilaian</b>	<b>Persentase</b>	<b>CPMK 1</b>	<b>CPMK 2</b>	<b>CPMK 3</b>	<b>CPMK 4</b>
	Penilaian formatif sebelum UTS berupa Tugas 1	10	√		√	
	Penilaian formatif sebelum UTS berupa Tugas 2	10	√		√	
	Penilaian formatif setelah UTS berupa Tugas 3	10	√		√	
	Penilaian formatif setelah UTS berupa Tugas 4	10	√		√	
	Penilaian sumatif berupa Ujian Tengah Semester (UTS)	30		√		√
	Penilaian sumatif berupa Ujian Akhir Semester (UAS)	30		√		√
Daftar Bahan dan Referensi	1. J. J. Sakurai, J. Napolitano, 2018, <i>Modern Quantum Mechanics</i> , Cambridge University Press, ISBN 9781108499996 2. Griffiths, D. J., 2018, <i>Introduction to Quantum Mechanics</i> , 3 ed, Cambridge University Press, ISBN-10: 11071896632, ISBN-13: 978-1107189638					
Nama Dosen Pengampu ( <i>Team Teaching</i> )	1. Drs. Pekik Nurwantoro, M.S., Ph.D 2. Dr. M. F. Rosyid					
<b>Otorisasi</b>	<b>Tanggal Penyusunan</b>	<b>Koordinator Mata Kuliah</b>	<b>Koordinator Bidang Keahlian</b>	<b>Ketua Program Studi</b>		
	1 Februari 2022	Drs. Pekik Nurwantoro, M.S., Ph.D				

## Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKPM)

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	Kemampuan dalam <i>Physics Skills</i>	-	-	-	Penjelasan terkait dinamika sistem kuantum dan persamaan Schrodinger gayut waktu	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
2	Kemampuan dalam <i>Physics Skills</i>	-	-	-	Penjelasan terkait dinamika sistem kuantum dan persamaan Schrodinger gayut waktu	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
3	Kemampuan dalam <i>Physics Skills</i>	-	-	-	Penjelasan terkait dinamika sistem kuantum dan persamaan Schrodinger gayut waktu	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
4	Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i>	Penyelesaian Soal pada Tugas	Tugas	10	Penjelasan terkait dinamika sistem kuantum dan persamaan Schrodinger gayut waktu	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan dengan tambahan pemberian Tugas	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2

5	Kemampuan dalam <i>Analytical Skills</i>	-	-	-	Pengenalan konsep momentum sudut orbital dan spin dan sifat operator yang mewakilinya, serta penyelesaian masalah nilai-eigen yang terkait dengan sistem kuantum	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika serta contoh prosedur penyelesaian masalah	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
6	Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i>	Penyelesaian Soal pada Tugas	Tugas	10	Pengenalan konsep penjumlahan atau gandengan ( <i>coupling</i> ) momentum sudut dan spin beserta koefisien Clebsch-Gordan	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan dengan tambahan pemberian Tugas	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
7	Kemampuan dalam <i>Investigative Skills</i>	-	-	-	Beberapa contoh penyelesaian sistem fisis <i>N-body</i> atau partikel identik yang melibatkan gandengan momentum sudut (L-S dan J-J <i>coupling</i> )	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika serta contoh prosedur penyelesaian masalah	Daring dan luring	Pustaka 1, 2

8	Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i>	-	-	-	Ujian Tengah Semester (UTS)	-	-	-	-	-
9	Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i>	Penyelesaian Soal pada Tugas		30	Ujian Tengah Semester (UTS)	-	-	-	-	-
10	Kemampuan dalam <i>Analytical Skills</i>	-	-	-	Pengenalan beberapa metode pendekatan ( <i>approximations</i> ) yaitu metode Variasional	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
11	Kemampuan dalam <i>Investigative Skills</i>	-	-	-	Pengenalan beberapa metode pendekatan ( <i>approximations</i> ) yaitu metode Gangguan ( <i>Perturbation</i> ) tak gayut waktu	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
12	Kemampuan dalam <i>Analytical Skills</i>	-	-	-	Pengenalan beberapa metode pendekatan ( <i>approximations</i> ) yaitu metode Gangguan ( <i>Perturbation</i> ) gayut waktu	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
13	Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i>	Penyelesaian Soal pada Tugas	Tugas	10	Pengenalan beberapa metode pendekatan ( <i>approximation</i> ) yaitu metode	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan dengan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2

					WKB dan penerapannya untuk penyelesaian sistem molekul	tambahan pemberian Tugas				
14	Kemampuan dalam <i>Analytical Skills</i>	-	-	-	Pengenalan metode dekomposisi matrik Suzuki-Trotter untuk penyelesaian beberapa masalah dinamika dalam sistem kuantum	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika serta contoh prosedur penyelesaian masalah	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
15	Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i>	Penyelesaian Soal pada Tugas	Tugas	10	Penggunaan metode dekomposisi matrik Suzuki-Trotter untuk penyelesaian beberapa masalah dalam kuantum	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan dengan tambahan pemberian Tugas	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
16	Kemampuan dalam <i>Investigative Skills</i>	-	-	-	Pengenalan hamburan kuantum dan pendekatan Born ( <i>Born approximation</i> )	Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan	2 x 50 menit 1 x 50 m3nit	Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika serta contoh prosedur penyelesaian masalah	Daring dan luring	Pustaka 1, 2
17	Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i>	-	-	-	Ujian Akhir Semester (UAS)	-	-	-	-	-



18	Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i>	Penyelesaian Soal pada Tugas	UAS	30	Ujian Akhir Semester (UAS)	-	-	-	-	-
----	---	------------------------------	-----	----	----------------------------	---	---	---	---	---

This page is intentionally blank