



**UNIVERSITAS GADJAH MADA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**DEPARTEMEN FISIKA**  
**PROGRAM STUDI S1 FISIKA**

## **RPKPS**

(Rencana Program dan Kegiatan Pembelajaran Semester)

## **FISIKA KUANTUM I**

MFF 2034/3 sks

Oleh:

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

Tahun Anggaran 2017  
Desember 2017

# **RPKPS**

## **(RANCANGAN PROGRAM DAN KEGIATAN PEMBELAJARAN SEMESTER)**

1. Nama Mata Kuliah : Fisika Kuantum I
2. Kode/SKS : MFF 2034/3 SKS
3. Prasyarat : MFF 2401
4. Status Matakuliah : Wajib
5. Nama Pengusul : Drs. Pekik Nurwantoro, M.S., Ph.D
6. Program Studi : S1 Fisika

Yogyakarta, 8 Desember 2017

Menyetujui  
Ketua Departemen Fisika UGM

Dosen Pengusul RPKPS

Dr. Mitrayana, M.Si.  
NIP 197303031999031004

Drs. Pekik Nurwantoro, M.S., Ph.D  
NIP 196304221988031001

# RPKPS

## (RANCANGAN PROGRAM KEGIATAN PEMBELAJARAN SEMESTER)

1. **Nama Mata Kuliah** : **Fisika Kuantum I**
2. **Kode/SKS** : **MFF 2034/3 SKS**
3. **Prasarat** : **MFF 2401**
4. **Status Matakuliah** : *Wajib*
5. **Deskripsi Singkat Matakuliah**

Mata kuliah Fisika Kuantum I merupakan mata kuliah dasar terkait kajian Mekanika Kuantum di dalam Kurikulum 2016 Program Studi S1 Fisika FMIPA UGM. 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 sepiantas nampak ganjil menurut pemahaman sehari-hari. Kata *kuantum* 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.

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 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, azas ketidakpastian Heisenberg nampak tidak relevan mengingat ketelitian pengukuran satu besaran tidak akan tergantung pada besaran yang lain.

Ada beberapa pendekatan (*approach*) 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:

- 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.

- Terlibatnya banyak peubah bebas, bahkan dalam banyak kasus peubah bebas tersebut saling terganggu, sehingga memerlukan penyelesaian persamaan diferensial parsial (*partial differential equations*), bukan persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equations*).

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 *dilihat* secara langsung dalam pengalaman sehari-hari, yaitu dalam ranah mikroskopik, sedangkan pengalaman sehari-hari atau persepsi didasarkan dalam ranah makroskopik.

Ada berbagai metode penyampaian pembelajaran terkait Mekanika Kuantum yang biasa dilakukan di berbagai Buku Text (*Text Book*). Hal ini nampaknya terkait dengan perumusan Mekanika Kuantum itu sendiri yang secara formal Matematika dapat dilakukan dari berbagai pendekatan (*approach*). Beberapa pendekatan dalam perumusan Mekanika Kuantum antara lain melalui ungkapan penyelesaian persamaan diferensial, atau ungkapan aljabar linear dan matrik, serta ungkapan bentuk fungsional an integral. Dalam mata kuliah Fisika Kuantum I, pendekatan (*approach*) pembelajaran dipilih berdasar metode yang banyak dianut oleh kebanyakan Buku Text Mekanika Kuantum yaitu berdasar penyelesaian persamaan diferensial bagi Persamaan Schrodinger. Dengan bentuk persamaan diferensial maka pemahaman abstrak dalam menyelesaikan contoh-contoh gejala Fisika akan minimal mengingat beberapa besaran fisika masih muncul secara eksplisit dalam persamaan Schrodinger yang mewakilinya. Dengan demikian, mata kuliah Fisika Kuantum I menekankan agar mahasiswa lebih berkonsentrasi pada pemahaman aspek fisika dari setiap gejala fisika yang dikaji, bukan pada pemahaman aspek matematika bagi prosedur penyelesaian. Untuk memenuhi hal tersebut, maka beberapa model sederhana dari suatu gejala fisika yang muncul pada skala mikroskopik akan dikaji sehingga mahasiswa mampu memahami berbagai aspek penting yang membedakan antara fenomena kuantum dan fenomena klasik.

Untuk membantu mahasiswa dalam memahami prosedur penyelesaian persamaan Schrodinger, 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 I secara berkala juga dilengkapi dengan pemberian Tugas atau Pekerjaan Rumah atau *Assignment* kepada mahasiswa untuk meningkatkan ketrampilan *problem-solving* dan pemahaman terhadap materi kuliah.

## 6. Tujuan Pembelajaran

- a. Memberikan latar belakang pengetahuan kepada mahasiswa tentang beberapa fenomena alam yang gagal dijelaskan oleh Mekanika Klasik, yaitu melalui penyelesaian berdasar Hukum Newton.
- b. 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.
- c. Mengenalkan kepada mahasiswa beberapa prosedur penyelesaian persamaan diferensial terkait persamaan Schrodinger yang mewakili beberapa sistem fisika sederhana, beserta pemahaman hasil-hasil penting dari penyelesaian masalah kuantum tersebut.

- d. Melatih ketrampilan mahasiswa dalam *problem-solving*, melalui pemaparan beberapa metode penyelesaian persamaan Schrodinger untuk berbagai contoh sistem fisika sederhana yang biasa muncul di alam dan model matematika yang mewakilinya.

## 7. Capaian Pembelajaran/CP (*Learning outcomes/LO*)

- a. Memahami dan mengetahui konsep-konsep yang mendasari Fisika Modern, yang meliputi teori relativitas dan konsep fisika kuantum (**K2**).
- Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam *Physics Skills*, yaitu bagaimana untuk merumuskan dan memerikan (*to describe*) 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 (*approximations*).
- b. Memahami dan mengetahui penggunaan konsep-konsep Fisika Klasik dan Fisika Modern pada berbagai tingkatan sistem, mulai dari sistem partikel elementer, sistem material kompleks, hingga sistem makroskopik alam semesta (**K3**).
- Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam *Analytical Skills*, yaitu bagaimana untuk memperhatikan permasalahan fisika dengan rinci (*detail*), menganalisis persoalan dan membangun argumentasi secara logis dan seksama.
- c. Trampil mengidentifikasi suatu permasalahan Fisika dinyatakan dalam konsep-konsep Fisika (**K7**).
- Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam *Investigative Skills*, yaitu bagaimana untuk melakukan penelusuran permasalahan fisika dari berbagai sumber dan rujukan untuk mendapatkan pemahaman bagi suatu informasi penting.
- d. Trampil merumuskan aplikasi ilmu fisika untuk menyelesaikan masalah-masalah alam dan masalah dalam kehidupan manusia baik secara kualitatif maupun kuantitatif (**K10**).
- Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam *Problem-Solving Skills*, yaitu bagaimana untuk memecahkan suatu persoalan dengan penyelesaian yang terstruktur (*well-defined solutions*), merumuskan suatu masalah dengan cermat dan mencoba pendekatan (*approaches*) lain dalam upaya untuk memperbaiki pemecahan suatu masalah yang menantang (*challenging problems*).

## 8. Materi Pembelajaran atau Pokok Bahasan atau Topik atau Bahan Kajian

Pengenalan tentang latar belakang beberapa hasil eksperimen yang tidak mampu dijelaskan oleh Hukum Newton atau mekanika klasik beserta pemahaman tentang konsep baru dalam mekanika kuantum yang mampu memberikan penjelasan bagi eksperimen tersebut. Materi ajar yang mendukung penjelasan tersebut meliputi:

- a. radiasi benda hitam, efek fotolistrik, efek Compton, aspek gelombang partikel, difraksi gelombang materi, eksperimen Franck-Hertz, eksperimen Stern-Gerlach,
- b. persamaan Schroedinger, fungsi gelombang dan tafsir statistiknya,
- c. teorema Ehrenfest, persamaan kontinuitas dan rapat peluang, persamaan swanilai energi, penguraian keadaan atas jawaban stasioner, arti penting swanilai sebuah operator,

- paket gelombang,
- d. persamaan Schrodinger untuk partikel bebas, perpaduan fungsi-fungsi gelombang, agihan peluang pengukuran momentum, prinsip ketidakpastian Heisenberg, operator-operator dan hasil kali skalar, prinsip korespondensi, postulat-postulat teori kuantum,
  - e. contoh-contoh masalah satu dimensi, sebagai contoh sumur potensial, potensial undak, tanggul potensial, getaran selaras kuantum, koefisien transmisi dan reflektansi, gerak paket gelombang,
  - f. contoh masalah tiga dimensi untuk penyelesaian persamaan Schrodinger bagi atom Hidrogen.

## 9. Evaluasi yang direncanakan

Pembelajaran dilaksanakan berdasarkan jadwal tatap muka di kelas selama 14 minggu, dengan tiap minggu terdiri atas dua kali pertemuan selama 50 dan 100 menit. Empat minggu selama masa perkuliahan digunakan untuk Ujian Tengah Semester (UTS) dan Ujian Akhir Semester (UAS), yang masing-masing dilaksanakan secara terjadwal selama 2 minggu oleh Bagian Akademik FMIPA UGM.

Evaluasi bagi mahasiswa untuk penilaian matakuliah dilakukan secara sumatif dan formatif. Secara sumatif diwujudkan dalam bentuk ujian tertulis, baik UTS maupun UAS, yang membutuhkan waktu paling lama selama 120 menit. Adapun evaluasi secara formatif diwujudkan dalam bentuk tugas mandiri bagi tiap mahasiswa. Bentuk kegiatan mandiri berupa penyelesaian suatu tugas yang diberikan kepada mahasiswa untuk didiskusikan *secara berkelompok* dan selanjutnya diselesaikan *secara mandiri* di rumah dalam bentuk Laporan tertulis bagi tiap tugas tersebut. Proses monitoring dilakukan dengan melihat aktivitas mahasiswa selama proses perkuliahan, seperti: kehadiran dalam perkuliahan, tanya-jawab dan diskusi terhadap materi yang sedang disajikan dan *performance* mahasiswa dalam mengerjakan tugas mandiri berupa Pekerjaan Rumah yang diberikan. Komponen penilaian didasarkan ada Tabel berikut:

**Tabel 1. Komponen penilaian dan Prosestase**

<i>No</i>	<i>Komponen Penilaian</i>	<i>Prosentase</i>
1.	Tugas-tugas sebelum UTS	20%
2.	UTS	30%
3.	Tugas-tugas setelah UTS hingga UAS	20%
4.	UAS	30%

## 10. Bahan, sumber informasi, dan referensi

- a. Schwabl, F., 2007, *Quantum Mechanics*, 4<sup>th</sup> ed. Springer-Verlag, Berlin.
- b. Constantinescu, F., & Magyari, E., 1971, *Problems in Quantum Mechanics*, Pergamon Press.

### 11.Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKPM)

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
1	Memahami dan mengetahui konsep-konsep yang mendasari fisika kuantum	Latar belakang dan awal perkembangan Mekanika Kuantum. Penjelasan tentang beberapa hasil eksperimen pada awal abad 20 yang gagal dijelaskan oleh Mekanika Klasik. Pengenalan beberapa konsep baru yang dapat menjelaskan hasil eksperimen beberapa gejala fisis di atas. Beberapa eksperimen tersebut antara lain: radiasi benda hitam, efek fotolistrik, efek Compton	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan dan mencatat materi kuliah	Narasi dan presentasi materi kuliah	-	-	-	Pustaka a

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
2	Memahami dan mengetahui konsep-konsep yang mendasari fisika kuantum	Penjelasan tentang beberapa hasil eksperimen pada awal abad 20 yang gagal dijelaskan oleh Mekanika Klasik. Pengenalan beberapa konsep baru yang dapat menjelaskan hasil eksperimen beberapa gejala fisis di atas. Beberapa eksperimen tersebut antara lain: aspek gelombang partikel, difraksi gelombang materi, eksperimen Franck-Hertz, eksperimen Stern-Gerlach	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah	-	-	-	Pustaka a, b
3	Memahami dan mengetahui	Pengenalan aspek formal	Penulisan di <i>White Board</i>	Mendengarkan,	Narasi, memberi-	-	-	-	Pustaka a, b

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
	konsep-konsep yang mendasari fisika kuantum	matematika dan interpretasi beberapa ungkapan dalam perumusan mekanika kuantum tentang pengenalan beberapa operator yang mewakili besaran fisis, sifat <i>Hermitian</i> , rapat kebolehdian menemukan partikel, harga harap suatu besaran fisis, ketidakpastian pengukuran besaran fisis dan konsep ketidakpastian <i>Heisenberg</i> . Pengenalan secara ringkas postulat-postulat teori kuantum	serta beberapa bahan tayangan	menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	kan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah				
4	Memahami dan	Pengenalan	Penulisan di	Mendengar	Narasi,	Pekerjaan	Sesuai	20%	Pustaka a, b

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
	mengetahui penggunaan konsep-konsep Fisika Klasik dan Fisika Modern pada berbagai tingkatan sistem	Persamaan Schrodinger dan interpretasinya. Penjelasan tentang Persamaan Schrodinger dan peranannya dalam Mekanika Kuantum. Interpretasi sederhana Persamaan Schrodinger dikaitkan dengan konsep tenaga bagi sistem fisis yang ditinjau beserta paket gelombang	<i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	kan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah serta pemberian Pekerjaan Rumah kepada mahasiswa	Rumah terkait	capaian mahasiswa		
5	Memahami dan mengetahui penggunaan konsep-konsep Fisika Klasik dan Fisika Modern pada berbagai tingkatan sistem	Sistem potensial sumur tak hingga. Penjelasan tentang model satu dimensi untuk potensial yang berbentuk sumur dengan	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi	-	-	-	Pustaka a, b

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
		kedalaman tak hingga			materi kuliah				
6	Memahami dan mengetahui penggunaan konsep-konsep Fisika Klasik dan Fisika Modern pada berbagai tingkatan sistem	Sistem potensial sumur berhingga. Penjelasan tentang model satu dimensi untuk potensial yang berbentuk sumur dengan kedalaman berhingga	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah serta pemberian Pekerjaan Rumah kepada mahasiswa	Pekerjaan Rumah terkait	Sesuai capaian mahasiswa	20%	Pustaka a, b
7	Trampil merumuskan aplikasi ilmu fisika untuk menyelesaikan masalah-masalah alam dan masalah dalam kehidupan manusia	Interpretasi hasil mekanika kuantum. Penjelasan tentang penyelesaian sistem potensial sumur tak hingga dan berhingga dibandingkan dengan hasil yang	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah	-	-	-	Pustaka a, b

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
		diperoleh secara klasik							
8		Libur tengah semester untuk Ujian Tengah Semester (UTS)	-	Mengerjakan UTS sesuai jadwal	Memberikan soal UTS sesuai jadwal	Pekerjaa UTS terkait	Sesuai capaian mahasiswa	30%	-
9		Libur tengah semester untuk Ujian Tengah Semester (UTS)	-	Mengerjakan UTS sesuai jadwal	Memberikan soal UTS sesuai jadwal	Pekerjaa UTS terkait	Sesuai capaian mahasiswa	30%	-
10	Trampil mengidentifikasi suatu permasalahan Fisika dinyatakan dalam konsep-konsep Fisika	Sistem potensial tanggul. Penjelasan tentang model satu dimensi untuk potensial yang berbentuk tanggul	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah	-	-	-	Pustaka a, b
11	Trampil mengidentifikasi suatu permasalahan Fisika dinyatakan dalam konsep-konsep Fisika	Kaitan sistem potensial tanggul dengan peristiwa refleksi dan transmisi. Penjelasan tentang analogi peristiwa refleksi	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi	-	-	-	Pustaka a, b

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
		dan transmisi dalam optika dengan gejala pantulan dan terobosan partikel dalam mekanika kuantum			materi kuliah				
12	Trampil mengidentifikasi suatu permasalahan Fisika dinyatakan dalam konsep-konsep Fisika	Pengenalan dan penyelesaian sistem Osilator Harmonik. Penjelasan tentang model satu dimensi untuk potensial yang berbentuk parabolik	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah	-	-	-	Pustaka a, b
13	Trampil merumuskan aplikasi ilmu fisika untuk menyelesaikan masalah-masalah alam dan masalah dalam kehidupan manusia	Hasil-hasil khas dari osilator harmonik secara kuantum dibandingkan terhadap hasil yang diperoleh secara klasik. Penjelasan tentang munculnya	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah serta pemberian	Pekerjaan Rumah terkait	Sesuai capaian mahasiswa	20%	Pustaka a, b

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
		kuantisasi tenaga dan terobosan kuantum			Pekerjaan Rumah kepada mahasiswa				
14	Trampil mengidentifikasi an suatu permasalahan Fisika dinyatakan dalam konsep-konsep Fisika	Pengenalan dan penyelesaian sistem Atom Hidrogen. Penjelasan tentang model tiga dimensi untuk Atom Hidrogen Penjelasan untuk melakukan reduksi dari sistem dua benda menjadi sistem satu benda	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengar kan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah	-	-	-	Pustaka a, b
15	Trampil merumuskan aplikasi ilmu fisika untuk menyelesaikan masalah-masalah alam dan masalah dalam kehidupan manusia	Rincian langkah penyelesaian persamaan Schrodinger bagi atom Hidrogen pada bagian variabel radial. Penjelasan tentang langkah-	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengar kan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi	Pekerjaan Rumah terkait	Sesuai capaian mahasiswa	20%	Pustaka a, b

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
		langkah yang diperlukan untuk menyederhanakan penyelesaian persamaan diferensial parsial			kuliah serta pemberian Pekerjaan Rumah kepada mahasiswa				
16	Trampil mengidentifikasi suatu permasalahan Fisika dinyatakan dalam konsep-konsep Fisika	Pengertian momentum sudut orbital dan kaitannya dengan penyelesaian atom Hidrogen pada bagian variabel sudut. Penjelasan tentang munculnya operator momentum sudut orbital pada masalah atom Hidrogen dan hal yang terkait dengan kekekalan momentum sudut orbital beserta kuantisasinya	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi kuliah	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah	-	-	-	Pustaka a, b
17		Libur akhir	-	Mengerja-	Memberi-	Pekerjaa	Sesuai	30%	-

Minggu ke	Capaian Pembelajaran ( <i>Learning Outcome/LO</i> )	Pokok Bahasan	Media Ajar	Metode Pembelajaran		Penilaian (evaluasi substantif)			Pustaka
				Yang dilakukan mahasiswa	Yang dilakukan dosen	Metode Penilaian	Kriteria Penilaian	Bobot Penilaian	
		semester untuk Ujian Tengah Semester (UAS)		kan UAS sesuai jadwal	kan soal UAS sesuai jadwal	UAS terkait	capaian mahasiswa		
18		Libur akhir semester untuk Ujian Tengah Semester (UAS)	-	Mengerjakan UAS sesuai jadwal	Memberikan soal UAS sesuai jadwal	Pekerjaa UAS terkait	Sesuai capaian mahasiswa	30%	-