



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PROGRAM STUDI S2 FISIKA

RPKPS

(Rencana Program dan Kegiatan Pembelajaran Semester)

MEKANIKA KUANTUM

MFF 5033/3 sks

Oleh:

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

Tahun Anggaran 2017
Oktober 2017

RPKPS

(RANCANGAN PROGRAM DAN KEGIATAN PEMBELAJARAN SEMESTER)

1. Nama Mata Kuliah : Mekanika Kuantum
2. Kode/SKS : MFF 5033/3 SKS
3. Prasyarat : -
4. Status Matakuliah : Wajib
5. Nama Pengusul : Drs. Pekik Nurwantoro, M.S., Ph.D
6. Program Studi : S2 Fisika

Yogyakarta, 13 Oktober 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 : Mekanika Kuantum

2. Kode/SKS : MFF 5033/3 SKS

3. Prasarat : -

4. Status Matakuliah : *Wajib*

5. Deskripsi Singkat Matakuliah

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 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.

Untuk membantu mengatasi kesulitan ini, proses pendalaman Mekanika Kuantum juga sering ditambahkan dengan penggambaran visual untuk mengurangi adanya kesulitan abstraksi dalam memahami materi perkuliahan. Selain itu, proses pembelajaran Mekanika Kuantum 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 pemahaman kepada mahasiswa bahwa beberapa fenomena alam dalam skala mikroskopik ternyata gagal dijelaskan oleh Mekanika Klasik dan hal tersebut baru berhasil dijelaskan melalui pengenalan konsep baru dalam Mekanika Kuantum.
- b. Menjelaskan kepada mahasiswa beberapa pernyataan (postulat) dan konsep dasar yang menjadi pembeda antara Mekanika Kuantum dengan Mekanika Klasik dan menunjukkan bahwa postulat tersebut memberikan hasil yang sesuai dengan fenomena yang terjadi dalam sistem mikroskopik.
- c. Mengenalkan kepada mahasiswa beberapa prosedur matematika formal yang menjadi landasan untuk pengkajian berbagai masalah Fisika dalam Mekanika Kuantum.
- d. Melatih ketrampilan mahasiswa dalam *problem-solving*, melalui pemaparan beberapa metode penyelesaian persamaan Schrodinger untuk berbagai contoh bentuk tenaga potensial yang mewakili sistem fisis tertentu.

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

- a. Menguasai bidang dasar ilmu fisika yang meliputi kajian Elektrodinamika, Mekanika Klasik, dan Mekanika Kuantum dan Metodologi Riset (*CPU 1*).
 - 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. Menguasai dan mampu menerapkan salah satu bidang ilmu Fisika Lanjut (*CPU 2*).
 - Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam *Information & Technology (IT) Skills*, yaitu bagaimana untuk menerapkan berbagai bentuk visualisasi, grafik atau simulasi,

sebagai contoh melalui bantuan komputer, sehingga memudahkan pemahaman masalah fisika yang dikaji, dibanding dengan semata-mata mendasarkan pemahaman melalui abstraksi ungkapan matematika.

- c. Menguasai kemampuan untuk mengkaji suatu permasalahan di dalam suatu bidang Fisika melalui penelitian (*CPU 3*).
 - Mahasiswa mempunyai kemampuan dalam *Investigative Skills*, bagaimana untuk melakukan penelusuran permasalahan fisika dari berbagai sumber dan rujukan untuk mendapatkan pemahaman bagi suatu informasi penting.

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

Pemahaman aspek eksperimen dan struktur formal atau matematika dalam mekanika kuantum serta penerapannya pada berbagai gejala atomik/nuklir meliputi:

- a. asas-asas dan berbagai perumusan mekanika kuantum,
- b. operator dan implementasi serta sifat-sifatnya,
- c. potensial satu dimensi dan tiga dimensi bersimetri bola,
- d. momentum sudut spin,
- e. sistem partikel identik dan asas Pauli,
- f. teori hamburan dan
- g. metode gangguan serta implementasinya.

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. Cohen-Tannoudji, C., Diu, B. & Laloe, F., 1977, *Quantum Mechanics*, Vol I & II, Wiley.
- b. Griffiths, D. J., 2005, *Introduction to Quantum Mechanics*, Pearson Education Inc. (Reissued by Cambridge University Press, 2017)
- c. Thankappan, V. K., 1985, *Quantum Mechanics*, Wiley Eastern Ltd.

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	Menguasai bidang dasar ilmu fisika	Latar belakang dan awal perkembangan Mekanika Kuantum serta kaitannya dengan Mekanika Klasik	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan dan mencatat materi kuliah	Narasi dan presentasi materi kuliah	-	-	-	Pustaka a, b atau c
2	Menguasai kemampuan untuk mengkaji suatu permasalahan di dalam suatu bidang Fisika melalui penelitian	Pemahaman aspek eksperimen, sifat materi dari cahaya: <ul style="list-style-type: none"> • Radiasi Benda Hitam, • Konsep <i>Planck</i> tentang kaitan tenaga dan frekuensi, • Efek Fotolistrik, • Efek <i>Compton</i> 	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 atau c
3	Menguasai kemampuan untuk mengkaji suatu permasalahan di dalam suatu bidang Fisika	Pemahaman aspek eksperimen, sifat gelombang dari partikel: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Davisson & Germer</i>, • Celah Ganda, 	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan	-	-	-	Pustaka a, b atau c

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	
	melalui penelitian	<ul style="list-style-type: none"> • Difraksi <i>Bragg</i> • Konsep <i>de Broglie</i> tentang kaitan panjang gelombang dan momentum linear 		kuliah	presentasi materi kuliah				
4	Menguasai bidang dasar ilmu fisika	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretasi sederhana persamaan <i>Schrodinger</i> dan fungsi gelombang, dikaitkan dengan konsep tenaga bagi sistem fisis yang ditinjau serta berdasarkan analogi pemahaman tentang gelombang bidang atau gerak partikel bebas (<i>free particle motion</i>) 	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 atau c

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	
		<p>dalam mekanika klasik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pengenalan beberapa operator sederhana yang mewakili besaran fisis dan sifat <i>Hermitian</i> operator tersebut 							
5	Menguasai bidang dasar ilmu fisika	<p>Pengenalan dan interpretasi aspek formal perumusan mekanika kuantum tentang:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rapat kebolehjadian menemukan partikel, • harga harap suatu besaran fisis, • ketidakpastian pengukuran besaran fisis dan konsep 	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 atau c

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	
		ketidakpastian <i>Heisenberg</i>							
6	Menguasai bidang dasar ilmu fisika	Contoh cara melakukan konstruksi persamaan Schrodinger untuk sebarang bentuk potensial dan kaitannya dengan masalah Nilai Eigen (<i>Eigen Value Problem</i>)	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 atau c
7	Menguasai kemampuan untuk mengkaji suatu permasalahan di dalam suatu bidang Fisika melalui penelitian	Penyelesaian persamaan Scrodinger untuk bentuk Sumur Potensial sebagai gambaran sistem terikat (<i>bound state</i>)	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 atau c
8		Libur tengah	-	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 (UTS)		kan UTS sesuai jadwal	kan soal UTS sesuai jadwal	UTS terkait	capaian mahasiswa		
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	Menguasai kemampuan untuk mengkaji suatu permasalahan di dalam suatu bidang Fisika melalui penelitian	Penyelesaian persamaan Scrodinger untuk bentuk Sumur Potensial sebagai gambaran sistem tak terikat (<i>unbound state</i>)	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 atau c
11	Menguasai dan mampu menerapkan salah satu bidang ilmu Fisika Lanjut	Penyelesaian persamaan Scrodinger sebagai penggambaran sistem padatan menggunakan Model <i>Kronig-Penney</i>	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 atau c
12	Menguasai dan	Penyelesaian	Penulisan di	Mendengar	Narasi,	-	-	-	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	
	mampu menerapkan salah satu bidang ilmu Fisika Lanjut	persamaan Schrodinger bagi Atom Hidrogen, sebagai contoh sistem 3 dimensi	<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				atau c
13	Menguasai bidang dasar ilmu fisika	Pengenalan momentum sudut orbital beserta Spin	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 atau c
14	Menguasai bidang dasar ilmu fisika	Prinsip Larangan Pauli untuk sistem partikel identik pada Atom	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa	Mendengarkan, menjawab pertanyaan	Narasi, memberikan pertanyaan,	-	-	-	Pustaka a, b atau c

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	
		Kompleks	bahan tayangan	dan mencatat materi kuliah	<i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan presentasi materi kuliah				
15	Menguasai dan mampu menerapkan salah satu bidang ilmu Fisika Lanjut	Tinjauan metode gangguan (<i>perturbation</i>) bagi atom Helium sebagai contoh bagi sistem partikel identik	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 atau c
16	Menguasai dan mampu menerapkan salah satu bidang ilmu Fisika Lanjut	Pengenalan teori hamburan kuantum dan penyelesaian pendekatannya	Penulisan di <i>White Board</i> serta beberapa bahan tayangan	Mendengarkan, menjawab pertanyaan dan mencatat materi	Narasi, memberikan pertanyaan, <i>Quiz</i> atau <i>Assignment</i> dan	-	-	-	Pustaka a, b atau c

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	
				kuliah	presentasi materi kuliah				
17		Libur akhir semester untuk Ujian Tengah Semester (UAS)	-	Mengerjakan UAS sesuai jadwal	Memberikan soal UAS sesuai jadwal	Pekerjaa UAS terkait	Sesuai capaian mahasiswa	30%	-
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%	-