

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



Fisika Kuantum I

Semester 3 / 3 SKS / MFF 2034

Fisika

Oleh

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

Prof. Agung B.S. Utomo, S.U., Ph.D.

**Universitas Gadjah Mada
Fakultas MIPA
2021**



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 2034 | Fisika Kuantum I | 3 | 4 | Wajib | MFF 2401 |
| 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. | | | |
| | 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 | √ | √ | | |
| | CPL5 | | | √ | √ |
| Deskripsi Singkat Mata Kuliah | <p>Mata kuliah Fisika Kuantum I merupakan mata kuliah dasar terkait kajian Mekanika Kuantum di dalam Kurikulum 2021 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 <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 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</p> | | | | |

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 oleh Heisenberg. 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 terganteng, 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. 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, beserta wakilannya. 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 dalam dunia mikroskopik yang dikaji, bukan hanya 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.

Tujuan pembelajaran matakuliah Fisika Kuantum I dapat diringkas dalam butir berikut:

- 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

| | <p>persamaan Schrodinger yang mewakili beberapa sistem fisika sederhana, beserta pemahaman hasil-hasil penting dari penyelesaian masalah kuantum tersebut.</p> <p>d. Melatih ketrampilan mahasiswa dalam <i>problem-solving</i>, melalui pemaparan beberapa metode penyelesaian persamaan Schrodinger untuk berbagai contoh sistem fisika sederhana yang biasa muncul di alam dan model matematika yang mewakilinya.</p> <p>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.</p> <p>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 <i>secara berkelompok</i> dan selanjutnya diselesaikan <i>secara mandiri</i> 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 <i>performance</i> mahasiswa dalam mengerjakan tugas mandiri berupa Pekerjaan Rumah yang diberikan.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---|----|---|--|---|--|---|----|---|--|---|--|---|----|---|--|---|--|---|----|---|--|---|--|--|----|--|---|--|---|---|----|--|---|--|---|
| <p>Bahan Kajian/Materi Pembelajaran</p> | <p>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:</p> <ol style="list-style-type: none"> Tinjauan ringkas beberapa eksperimen yang melandasi perkembangan Mekanika Kuantum. Landasan matematika berdasar operasi persamaan diferensial dan aljabar linear atau operasi matrik sebagai perangkat formal pemahaman konsep kuantum. Pemahaman Fungsi Gelombang dalam penyajian persamaan Schroedinger maupun representasi notasi Dirac (<i>bra-ket</i>) serta pemahaman tentang operator dan harga harap suatu besaran fisis. Beberapa contoh penyelesaian masalah satu dimensi yang mewakili sistem terikat maupun sistem tak terikat seperti sumur potensial, tanggul potensial, getaran selaras dan Atom Hidrogen, baik memanfaatkan penyelesaian persamaan diferensial atau operasi aljabar matrik. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Metode Penilaian dan Kaitan dengan CPMK</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="342 1192 591 1255">Komponen Penilaian</th> <th data-bbox="591 1192 740 1255">Persentase</th> <th data-bbox="740 1192 915 1255">CPMK 1</th> <th data-bbox="915 1192 1084 1255">CPMK 2</th> <th data-bbox="1084 1192 1276 1255">CPMK 3</th> <th data-bbox="1276 1192 1474 1255">CPMK 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="342 1255 591 1346">Penilaian formatif sebelum UTS berupa Tugas 1</td> <td data-bbox="591 1255 740 1346">10</td> <td data-bbox="740 1255 915 1346">√</td> <td data-bbox="915 1255 1084 1346"></td> <td data-bbox="1084 1255 1276 1346">√</td> <td data-bbox="1276 1255 1474 1346"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="342 1346 591 1436">Penilaian formatif sebelum UTS berupa Tugas 2</td> <td data-bbox="591 1346 740 1436">10</td> <td data-bbox="740 1346 915 1436">√</td> <td data-bbox="915 1346 1084 1436"></td> <td data-bbox="1084 1346 1276 1436">√</td> <td data-bbox="1276 1346 1474 1436"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="342 1436 591 1526">Penilaian formatif setelah UTS berupa Tugas 3</td> <td data-bbox="591 1436 740 1526">10</td> <td data-bbox="740 1436 915 1526">√</td> <td data-bbox="915 1436 1084 1526"></td> <td data-bbox="1084 1436 1276 1526">√</td> <td data-bbox="1276 1436 1474 1526"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="342 1526 591 1617">Penilaian formatif setelah UTS berupa Tugas 4</td> <td data-bbox="591 1526 740 1617">10</td> <td data-bbox="740 1526 915 1617">√</td> <td data-bbox="915 1526 1084 1617"></td> <td data-bbox="1084 1526 1276 1617">√</td> <td data-bbox="1276 1526 1474 1617"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="342 1617 591 1749">Penilaian sumatif berupa Ujian Tengah Semester (UTS)</td> <td data-bbox="591 1617 740 1749">30</td> <td data-bbox="740 1617 915 1749"></td> <td data-bbox="915 1617 1084 1749">√</td> <td data-bbox="1084 1617 1276 1749"></td> <td data-bbox="1276 1617 1474 1749">√</td> </tr> <tr> <td data-bbox="342 1749 591 1839">Penilaian sumatif berupa Ujian Akhir Semester (UAS)</td> <td data-bbox="591 1749 740 1839">30</td> <td data-bbox="740 1749 915 1839"></td> <td data-bbox="915 1749 1084 1839">√</td> <td data-bbox="1084 1749 1276 1839"></td> <td data-bbox="1276 1749 1474 1839">√</td> </tr> </tbody> </table> | Komponen Penilaian | Persentase | CPMK 1 | CPMK 2 | CPMK 3 | CPMK 4 | 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 | | √ | | √ |
| Komponen Penilaian | Persentase | CPMK 1 | CPMK 2 | CPMK 3 | CPMK 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | | √ | | √ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Daftar Bahan dan Referensi</p> | <p>1. D. J. Griffiths, 2018, Introduction to Quantum Mechanics 3rd Edition, Cambridge University Press, ISBN-10 : 1107189632, ISBN-13 : 978-1107189638</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | |
|---|---|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| | 2. Schwabl, F., 2007, <i>Quantum Mechanics</i> , 4 th ed. Springer-Verlag, Berlin. | | | |
| Nama Dosen Pengampu (<i>Team Teaching</i>) | 1. Drs. Pekik Nurwantoro, M.S., Ph.D 2. Prof., Agung Bambang Setio Utomo, S.U., Ph.D | | | |
| Otorisasi | Tanggal Penyusunan | Koordinator Mata Kuliah | Koordinator Bidang Keahlian | Ketua Program Studi |
| | 1 Agustus 2021 | 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> | - | - | - | Latar belakang dan awal perkembangan Mekanika Kuantum beserta potensi peran mekanika kuantum dalam perkembangan teknologi terkini. 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 tentang | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|---|---|---|--|------------------------------|---|--------------------------|--------------|
| | | | | | aspek materi dan gelombang antara lain: radiasi benda hitam, efek fotolistrik, efek Compton dan eksperimen Stern-Gerlach. | | | | | |
| 2 | Kemampuan dalam <i>Physics Skills</i> | - | - | - | Lanjutan 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 tentang aspek materi dan gelombang antara lain: radiasi benda hitam, efek fotolistrik, efek Compton dan eksperimen Stern-Gerlach. | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------------|-------|----|--|--|------------------------------|---|--------------------------|--------------|
| 3 | Kemampuan dalam <i>Physics Skills</i> | - | - | - | Pengenalan aspek formal matematika dan interpretasi beberapa ungkapan dalam perumusan mekanika kuantum dari gambaran persamaan diferensial maupun korespondensi ungkapan matriknya melalui aljabar linear. Diperkenalkan pemahaman terkait operator linear dan fungsi keadaan atau vector dalam ruang berdimensi N. Diperkenalkan masalah nilai eigen dan wakil Dirac melalui bra-ket. | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |
| 4 | Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i> | Penyelesaian Soal pada Tugas | Tugas | 10 | Pengenalan beberapa operator yang mewakili besaran fisis, | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------------|-------|----|--|--|------------------------------|--|--------------------------|--------------|
| | | | | | sifat <i>Hermitian</i> , rapat kebolehjian menemukan partikel, harga harap suatu besaran fisis, ketidakpastian pengukuran besaran fisis dan konsep ketidakpastian <i>Heisenberg</i> . Pengenalan secara ringkas postulat-postulat teori kuantum. | dengan tambahan pemberian Tugas | | | | |
| 5 | Kemampuan dalam <i>Analytical Skills</i> | - | - | - | Sistem potensial sumur tak hingga. Penjelasan tentang model terikat satu dimensi untuk potensial yang berbentuk sumur dengan kedalaman tak hingga | 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 | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |
| 6 | Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i> | Penyelesaian Soal pada Tugas | Tugas | 10 | Sistem potensial sumur berhingga. Penjelasan tentang model satu dimensi untuk potensial yang berbentuk | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan dengan tambahan pemberian | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---|------------------------------|---|----|--|--|------------------------------|--|--------------------------|--------------|
| | | | | | sumur dengan kedalaman berhingga | Tugas | | | | |
| 7 | Kemampuan dalam <i>Investigative Skills</i> | - | - | - | Interpretasi hasil mekanika kuantum. Penjelasan tentang penyelesaian sistem potensial sumur linear berhingga. | 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 | In-focus dan Papan Tulis | 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> | - | - | - | Kaitan sistem potensial tanggul dengan peristiwa refleksi dan transmisi. Penjelasan tentang analogi peristiwa refleksi dan transmisi dalam optika dengan gejala pantulan dan terobosan partikel dalam mekanika kuantum | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---|------------------------------|-------|----|--|--|------------------------------|---|--------------------------|--------------|
| 11 | Kemampuan dalam <i>Investigative Skills</i> | - | - | - | Pengenalan dan penyelesaian sistem Osilator Harmonik. Penjelasan tentang model satu dimensi untuk potensial yang berbentuk parabolik dengan penyelesaian persamaan diferensial. | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |
| 12 | Kemampuan dalam <i>Analytical Skills</i> | - | - | - | Lanjutan pengenalan dan penyelesaian sistem Osilator Harmonik. Penjelasan tentang model satu dimensi untuk potensial yang berbentuk parabolik dengan penyelesaian persamaan diferensial. | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |
| 13 | Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i> | Penyelesaian Soal pada Tugas | Tugas | 10 | Pengenalan penyelesaian osilator harmonik secara aljabar dan dibandingkan terhadap hasil yang diperoleh | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan dengan tambahan pemberian | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---|------------------------------|-------|----|--|--|------------------------------|--|--------------------------|--------------|
| | | | | | melalui persamaan diferensial. Penjelasan tentang munculnya kuantisasi tenaga dan terobosan kuantum | Tugas | | | | |
| 14 | Kemampuan dalam <i>Analytical Skills</i> | - | - | - | 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 | 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 | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |
| 15 | Kemampuan dalam <i>Problem-Solving Skills</i> | Penyelesaian Soal pada Tugas | Tugas | 10 | Rincian langkah penyelesaian persamaan Schrodinger bagi atom Hidrogen pada bagian variabel radial. Penjelasan tentang langkah- | Pemaparan materi serta beberapa bahan tayangan dengan tambahan pemberian Tugas | 2 x 50 menit 1 x 50 m3nit | Belajar menelaah dan mengkaji sistem fisika | In-focus dan Papan Tulis | Pustaka 1, 2 |

| | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|--|--|------------------------------|--|--------------------------|--------------|
| | | | | | langkah yang diperlukan untuk menyederhanakan penyelesaian persamaan diferensial parsial | | | | | |
| 16 | Kemampuan dalam <i>Investigative Skills</i> | - | - | - | 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 | 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 | In-focus dan Papan Tulis | 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