BUKU RANCANGAN PENGAJARAN (BRP)

MATA KULIAH

PENDAHULUAN FISIKA RADIOLOGI

oleh

Dwi Seno Kuncoro Sihono, M.Si.
Supriyanto Ardjo Pawiro, Ph.D.

Program Studi S1 Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia
Depok

Agustus 2016

PENGANTAR

Pasca-reformasi 1998, dunia pendidikan di Indonesia menghadapi tantangan global yang menuntut adanya perubahan paradigma dalam belajar mengajar. Paradigma lama yang berfokus pada pengajar (*teacher-centered*) tidak lagi mampu menjawab kebutuhan di dunia nyata. Paradigma baru, yang berfokus pada siswa (*student-centered*), membuka kesempatan bagi pemenuhan kebutuhan siswa akan pengetahuan yang sesuai dengan tantangan di dunia nyata.

Salah satu ciri dari pemelajaran yang berfokus pada siswa (pemelajaran aktif) ini adalah rancangan pengajaran yang terbuka untuk peserta didik. Dengan demikian, peserta didik mendapatkan informasi yang menyeluruh tentang kompetensi yang akan dimilikinya, bagaimana cara memperolehnya, dan bahan rujukan yang diperlukannya.

Buku pedoman kerja mahasiswa ini merupakan panduan bagi pemelajar untuk mencapai tujuan pendidikan. Buku ini dikembangkan dari rancangan pengajaran Mata Ajar Pendahuluan Fisika Radiologi sehingga diharapkan mampu mencapai tuntutan terkini yang dihadapi dunia pendidikan di Indonesia.

Depok, Agustus 2016

Dwi Seno Kuncoro Sihono, M.Si.

Supriyanto Ardjo Pawiro, Ph.D

I. Informasi Umum

1.	Nama Program Studi / Jenjang Studi	:	Fisika / S1
2.	Nama Mata Kuliah	:	Pendahuluan Fisika Radiologi
3.	Kode Mata Kuliah	:	SCFI603911
4.	Semester Ke-	:	5
5.	Jumlah SKS	:	2 SKS
6.	Metode Pembelajaran	:	*Collaborative learning*.
7.	Mata Kuliah yang Menjadi Prasyarat	:	Fisika Modern
8.	Menjadi Prasyarat untuk Mata Kuliah	:	Fisika Radioterapi dan Fisika Pencitraan
9.	Integrasi Antara Mata Kuliah	:	-
10.	Dosen Pengampu	:	Supriyanto Ardjo Pawiro, Ph.D.
11.	Deskripsi Mata Kuliah	:	Mata kuliah ini merupakan mata kuliah kunci pada peminatan Fisika Medis. Mata kuliah ini memberikan pengetahuan kepada mahasiswa mengenai prinsip Fisika di bidang radiologi dan juga dosimetri. Dimulai dengan besaran dan satuan yang dipakai dalam radiologi, kemudian interaksi radiasi dengan materi dengan fokus transfer energi dan deposisi dosis. Atenuasi eksponensial untuk radiasi sempit dan radiasi lebar harus dimengerti oleh mahasiswa sebelum mereka mempelajari sistem desain shielding untuk ruang diagnostik maupun terapi. Aplikasi keseimbangan elektronik dan teori cavity mendasari dosimetri yang menggunakan detektor bilik ionisasi. Selanjutnya diberikan pula penggunaan sistem keseimbangan tersebut dalam praktek pengukuran dosis

dengan bilik ionisasi maupun dengan detector material padat.

II. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) dan Kemampuan pada Akhir Tahap Pembelajaran (Sub-CPMK)

A. CPMK

Mahasiswa mampu menjelaskan prinsip dasar dan teori fisika yang berhubungan dengan radiologi dan prinsip dasar dosimetri radiasi **(ElOs 3,5,6, dan 7)**.

B. Sub-CPMK

1. Memahami dan menjelaskan pengertian dan klasifikasi radiasi (C3).
2. Memahami menjelaskan besaran radiasi dan satuannya (C3).
3. Memahami dan menjelaskan atenuasi eksponensil (C2).
4. Menjelaskan radiasi pengion langsung dan tidak langsung (C3).
5. Menjelaskan interaksi radiasi dan materi (C3).
6. Menjelaskan peluruhan radioaktif (C3).
7. Menjelaskan partikel bermuatan dan keseimbangan radiasi (C2).
8. Mempelajari dan memahami dosimetri radiasi (C2).
9. Menjelaskan teori *cavity* (C2).
10. Mempelajari bilik ionisasi (C2).
11. Menjelaskan kalibrasi foton dan elektron dengan bilik ionisasi (C3).
12. Menjelaskan teknik dosimetri relatif dan absolut (C3).

III. Rencana Pembelajaran

Minggu Ke	Sub-CPMK	Bahan Kajian	Metode Pembelajaran	Waktu yang Dibutuhkan	Pengalaman Belajar (*O-L-U)	Bobot Penerapan Sub-CPMK Pada MK (%)	Indikator Pencapaian Sub-CPMK	Referensi
1	1	Klasifikasi radiasi	Kuliah tatap muka	100 menit	100% O, 0% L, 0% U	6	Menjelaskan besaran dan unit dalam fisika radiasi, tipe dan sumber radiasi pengion langsung dan tidak langsung serta deskripsi medan radiasi pengion	1,2,3,4, dan 5
2	2	Besaran dan satuan radiasi	Kuliah tatap muka	100 menit	30% O, 50% L, 20% U	6	Menjelaskan besaran dan unit untuk menyatakan medan radiasi (Fluens dan laju fluens; Energi fluens dan laju energi fluens) juga besaran dan unit untuk menyatakan interaksi dengan materi meliputi : Kerma, kerma tumbukan, kerma radiatif, Dosis absorpsi, Aktivitas, Energi transfer, energi trnsfer neto, energi yang diberikan pada materi dan Dosis ekuivelen dan fakor kualitas paparan	1,2,3,4, dan 5
3	3	Atenuasi eksponensial	Kuliah tatap muka	100 menit	30% O, 50% L, 20% U	6	Menjelaskan atenuasi eksponensial sederhana: a. Half value layer (HVL), tenth value layer (TVL), koefesien atenuasi, penampang lintang interaksi b. Atenuasi berkas sempit dan berkas lebar c. Factor buildup d. Efek spectral dalam atenuasi, penguatan dan pelemahan berkas e. Teori resiprositas f. Koefesien transfer energi,	1,2,3,4

							g. koefesien absorpsi energi h. Kalkulasi dosis absorpsi dalam interaksi berkas foton	
4	4	Radiasi pengion langsung dan tidak langsung	Kuliah tatap muka	150 menit	50% O, 30% L, 20% U	8	Menjelaskan mengenai: 1. Radiasi pengion tidak langsung : berkas foton - Transisi sinar X, radiasi karakteristik, ionisasi dan eksitasi - Hukum Moseley, Spektra sinar X, teori Hartree untuk atom dengan multi electron - Radiasi dari partikel bermuatan yang dipercepat, pembentukan bremstrahlung, hubungan Larmor - Target sinat X, bremstrahlung yang dihasilkan - Kualitas berkas dan pemberian filter - Deposisi energi dalam jaringan oleh berkas foton. 2. Radiasi pengion langsung - Jenis berkas partikel bermuatan yang dipakai untuk keperluan klinik - Sumber berkas partikel bermuatan - Deposisi energi dalam jaringan oleh berkas partikel bermuatan	1,2,3,4
5,6	5	Interakasi radiasi dengan materi	Kuliah tatap muka	150 menit	50% O, 30% L, 20% U	8	Menjelaskan mengenai: 1. Interaksi foton dengan materi a. Hamburan Thomson b. Hamburan Raleigh c. Efek foto listrik d. Hamburan Compton e. Produksi pasangan , pembentukan triplet	1,2,3,4, dan 5

							f. Reaksi fotonuklir g. Efek individu yang relatif predominan h. Efek yang mengikuti interaksi individual foton , fluoresensi yang dihasilkan, efek Auger. i. Kontribusi efek individu pada koefesien atenuasi, koefesien energi transfer, dan koefesien absorpsi energi. 2. Interaksi radiasi pengion langsung dengan materi a. Daya henti (tumbukan dan radiatif), daya hambur, jangkauan, straggling b. Daya henti terbatas, transfer energi linear c. Interaksi electron orbital d. Interaksi nuklir e. Kalkulasi dosis absorpsi dalam interaksi dengan pertikel bermuatan	
7	6	Peluruhan radioaktif	Kuliah tatap muka	100 menit	50% O, 20% L, 30% U	6	Menjelaskan konstanta peluruhan total dan parsial, unit aktivitas, waktu hidup rata-rata dan waktu paroh, hubungan anak-induk, keseimbangan transien dan secular, *harvesting of daughter product,* radioaktivasi oleh interaksi inti, konstanta laju paparan dan konstanta laju kerma udara.	1,2,3,4
8	**Ujian Tengah Semester**							
9	7	Partikel bermuatan dan keseimbangan radiasi	Kuliah tatap muka	100 menit	50% O, 20% L, 30% U	6	Menjelaskan keseimbangan radiasi, charged particle equilibrium (CPE), hubungan antara dosis absorpsi, kerma tumbukan, dan paparan pada CPE, kondisi kegagalan CPE, Transient CPE	1,2,3,4
10	8	Dosimetri radiasi	Kuliah tatap muka	100 menit	50% O, 20% L, 30% U	6	Menjelaskan jenis dan karakteristik umum dosimeter, definisi besaran dan satuan dosimetri menurut ICRU, teknik	1,2,3,5

							dosimetri absolut dan relative, dan interpretasi pengukuran dosimeter	
11	9	Teori cavity	Kuliah tatap muka	100 menit	50%, 20% L, 30% U	6	Menjelaskan teori cavity Bragg-Gray dan konsekuensi akibatnya, teori cavity Spenser-Attix dan Burlin, teori Fano, daya henti rata-rata, dan dosis dekat interface	1,2,3,5
12	10	Bilik ionisasi	Kuliah tatap muka	100 menit	50%, 20% L, 30% U	6	Menjelaskan konfigurasi dasar bilik ionisasi, bilik ionisasi bebas standar, bilik ionisasi thimble, bilik ektrapolatsi, pengukuran dengan cara differensial (current mode) dan integral (charge mode), energi rata-rata untuk satu pasangan ion, karakteristik jenuh bilik ionisasi, rekombinasi awal dan biasa, diffusion loss	1,2,3,5
13	11	Kalibrasi foton dan elektron dengan bilik ionisasi	Kuliah tatap muka	100 menit	50%, 20% L, 30% U	6	Menjelaskan kalibrasi bilik cavity: kerma udara dan dosis dalam air, protocol dosimetri: AAPM TG –21, AAPM TG-51, IAEA TRS-398., material fantom untuk berkas foton dan elektron	1,2,3,5
14,15	12	Teknik doismetri relatif dan absolut	Kuliah tatap muka	100 menit	50%, 20% L, 30% U	6	Menjelaskan mengenai: a. TLD (thermo luminescence dosimeter) b. Dosimetri film c. Dosimeter semikonduktor: dioda d. Optically stimulated luminescence (OSL) e. Dosimeter MOSFET (metal oxide semiconductors-field effect transistor), dan detector berlian/intan f. Dosimeter gel g. Pencacah Geiger Muller (GM) dan pencacah proporsional h. Dosimetri scintilasi i. Survey meter j. Detector neutron k. SSDL dan PSDL	1,2,3,5

							l. Tracebility detektor	
16	**Ujian Akhir Semester**							

*) O : Orientasi
L : Latihan
U : Umpan Bali

Referensi:

1. Podgorsak, *Radiation Oncology Physics: Handbook for Teacher and Student*. (IAEA, 2005)
2. Metcalfe, et al, *The Physics of Radiotherapy X-rays and Electron*. (Medical Physics Publishing, 2007)
3. F. H. Attix. *Introduction of Radiological Physics and Radiation Dosimetry* (John Willey and Sons, New York, NY, 1986)
4. H. E. Johns and J. R. Cunningham. *The Physics of Radiology*, 4th ed. (Charles C. Thomas, Springfield, IL, 1983)
5. J. F. Knoll. *Radiation Detection and Measurement*. 3rd. ed. (John Willey and Sons, New York, NY, 2000).

IV. Rancangan Tugas dan Latihan

Minggu Ke	Nama Tugas	Sub-CPMK	Penugasan	Ruang Lingkup	Cara Pengerjaan	Batas Waktu	Luaran Tugas yang Dihasilkan
1	Kuis	1-12	Soal	Besaran dan satuan radiasi; Atenuasi eksponensial; Radiasi pengion langsung dan tidak langsung; Interaksi radiasi dengan materi; Peluruhan radioaktif; Partikel bermuatan dan keseimbangan radiasi; Dosimetri radiasi; Teori *cavity;* Bilik ionisasi; Kalibrasi foton dan elektron dengan bilik ionisasi; dan Teknik doismetri relatif dan absolut	Tugas individu	1 minggu	Laporan tertulis
2	Tugas Kelompok 1	2	Soal	Besaran dan satuan radiasi	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
3	Tugas Kelompok 2	3	Soal	Atenuasi eksponensial	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
4	Tugas Kelompok 3	4	Soal	Radiasi pengion langsung dan tidak langsung	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
5,6	Tugas Kelompok 4	5	Soal	Interaksi radiasi dengan materi	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
7	Tugas Kelompok 5	6	Soal	Peluruhan radioaktif	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
8	**Ujian Tengah Semester**						
9	Tugas Kelompok 6	7	Soal	Partikel bermuatan dan keseimbangan radiasi	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
10	Tugas Kelompok 7	8	Soal	Dosimetri radiasi	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
11	Tugas Kelompol 8	9	Soal	Teori *cavity*	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
12	Tugas Kelompok 9	10	Soal	Bilik ionisasi	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
13	Tugas Kelompok 10	11	Soal	Kalibrasi foton dan elektron dengan bilik ionisasi	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
14,15	Tugas Kelompok 11	12	Soal	Teknik doismetri relatif dan absolut	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
16	**Ujian Akhir Semester**						

V. Kriteria Penilaian (Evaluasi Hasil Pembelajaran)

Bentuk Evaluasi	Sub-CPMK	Instrumen/Jenis Asesmen	Frekuensi	Bobot Evaluasi (%)
Kuis	1-12	Soal kuis	2	20
Tugas Kelompok	1-12	Presentasi	12	30
UTS	1-6	Soal essay	1	25
UAS	7-12	Soal essay	1	25
Total				**100**

VI. Rubrik

A. Kriteria Nilai Makalah Kelompok

Nilai	Kualitas Jawaban
90-100	Apabila mahasiswa dapat menerapkan konsep-konsep dasar dalam menjelaskan fenomena alam dan teknologi dengan ketepatan 80-90%, runtut dan bahasa yang benar
70-89	Apabila mahasiswa dapat menerapkan konsep-konsep dasar dalam menjelaskan fenomena alam dan teknologi dengan ketepatan 60-79% dan dengan bahasa yang baik.
60-69	Apabila mahasiswa dapat menerapkan konsep-konsep dasar dalam menjelaskan fenomena alam dan teknologi dengan ketepatan 59% dengan bahasa yang baik.

B. Kriteria Nilai Presentasi

Nilai	Kualitas Jawaban
90-100	Apabila mahasiswa dapat mempresentasikan materi dengan bahasa Indonesia yang tepat, penjelasan yang dapat dipahami, menguasai materi, bahasa tubuh yang baik.
70-89	Apabila mahasiswa dapat mempresentasikan materi dengan penjelasan yang dapat dipahami, menguasai materi dengan baik, bahasa tubuh yang baik
60-69	Apabila mahasiswa dapat mempresentasikan materi dengan penjelasan yang dapat dipahami dengan bahasa tubuh yang baik.

C. Kuis, Ujian Tengah Semester (UTS), dan Ujian Akhir Semester (UAS)

[1] Mampu menuangkan gagasan dalam penyelsaian soal (25%)

[2] Mampu menentukan konsep-konsep dasar yang tepat dalam penyelesaian soal (35%)

[3] Mempu merumuskan penyelsaian akhir soal memperbaiki kesalahan berbahasa (30%)

[4] Mampu menggunakan satuan dan angka penting yang sesuai 10%