BUKU RANCANGAN PENGAJARAN (BRP)

MATA KULIAH

RADIOBIOLOGI

oleh

Kristina Tri Wigati, M.Si
Supriyanto Ardjo Pawiro, Ph.D.

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

Desember 2016

PENGANTAR

Buku Rancangan Pembelajaran (BRP) ini disusun sebagai panduan kegiatan perkuliahan Radiobiologi bagi mahasiswa semester enam yang telah memperoleh mata kuliah Anatomi dan Fisiologi serta Pendahuluan Fisika Radiologi dan Dosimetri.

Mata kuliah ini memberikan bekal bagi mahasiswa untuk memiliki pengetahuan mengenai efek radiasi pada sel hidup terjadi pada semua aktivitas medis yang memanfaatkan radiasi pengion, dalam bidang Radiologi Diagnostik, Radioterapi, dan Kedokteran Nuklir. Metode pembelajaran dirancang sedemikian rupa agar mahasiswa tidak hanya mampu bekerja mandiri, namun juga dapat bekerja dalam kelompok, untuk menguasai materi secara komprehensif dan integratif.

Semoga BRP ini dapat memberikan arahan dalam proses pembelajaran agar terpenuhi semua sasaran yang diharapkan baik bagi dosen maupun mahasiswa.

Depok, Desember 2016

Kristina Tri Wigati, M.Si.

Supriyanto Ardjo Pawiro, Ph.D.

I. Informasi Umum

1.	Nama Program Studi / Jenjang Studi	:	Fisika / S1
2.	Nama Mata Kuliah	:	Radiobiologi
3.	Kode Mata Kuliah	:	SCFI603915
4.	Semester Ke-	:	6
5.	Jumlah SKS	:	2 SKS
6.	Metode Pembelajaran	:	*Collaborative learning*.
7.	Mata Kuliah yang Menjadi Prasyarat	:	Anatomi dan Fisiologi
8.	Menjadi Prasyarat untuk Mata Kuliah	:	-
9.	Integrasi Antara Mata Kuliah	:	Pendahuluan Radioterapi, Pencitraan Medis dan Kedokteran Nuklir.
10.	Dosen Pengampu	:	
11.	Deskripsi Mata Kuliah	:	*Review* interaksi radiasi dengan materi, luka radiasi pada DNA, perbaikan kerusakan DNA, kerusakan dan perbaikan kromosom akibat induksi radiasi, teori kurva survival, kematian sel: konsep kematian sel (apoptosis dan reproduksi kematian sel), proses penyembuhan selular, siklus sel, pengubah tanggapan radiasi-sensitizer dan protector, RBE, OER, dan LET, kinetik sel, luka radiasi pada jaringan, patologi radiasi-efek akut dan lanjut, histopathology, radiobiologi tumor, TDF (*time, dose, and fractionation*), genetika radiasi: efek radiasi pada fertilitas dan mutagenesis, dan mekanisme molekular

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

A. CPMK

Setelah menyelesaikan mata kuliah ini, mahasiswa mampu menjelaskan berbagai aspek terkait Radiobiologi pada aplikasinya dalam bidang Radiologi Diagnostik, Radioterapi, dan Kedokteran Nuklir. **(ELOs 3,5,6, dan 7)**

B. Sub-CPMK

1. Menjelaskan proses secarabfisika kimia absropsi radiasi pada sel biologis (C3).
2. Mempelajari kerusakan rantai DNA dan aberasi kromosom (C1).
3. Mempelajari kurva *survival* sel normal dan tumor (C1).
4. Melakukan kalkulasi survival dan kematian sel normal dan tumor (C3).
5. Mempelajari radiosensitivitas dan usia sel pada siklus mitosis (C1).
6. Mempelajari radiosensitivitas dan usia sel pada siklus mitosis (C1).
7. Mempelajari perbaikan pada kerusakan radiasi dan efek laju dosis (C1).
8. Mempelajari efek oksigen dan reoksigenasi (C1).
9. Menjelaskan *Linear Energy Transfer* (LET) dan *Relative Biological Effectiveness* (RBE) (C2).
10. Memahami faktor yang menentukan RBE (C4).
11. Mempelajari efek akut *Total-Body Irradiation* (TBI) (C1).
12. Mempelajari radioprotektor (C1).
13. Mempelajari karsinogenesis radiasi (C1).
14. Mempelajari efek hereditas radiasi (C1).
15. Melakukan kalkulasi resiko hereditas radiasi (C3).
16. Mempelajari efek radiasi pada embrio dan fetus (C1).
17. Mempelajari katarak akibat radiasi (C1).
18. Mempelajari dosis dan resiko pada Radiologi Diagnostik, Radiologi Intervensional dan Kardiologi, dan Kedokteran Nuklir (C1).
19. Mempelajari proteksi radiasi (C1).
20. Mempelajari model jaringan normal pada Radioterapi (C1).
21. Mempelajari model sel tumor pada Radioterapi (C1).

22. Mempelajari waktu, dosis, dan fraksinasi pada Radioterapi (C1).
23. Melakukan kalkulasi waktu, dosis, dan fraksinasi pada Radioterapi (C3).
24. Mempelajari modalitas terapi kanker alternatif (C1) .

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	Fisika dan kimia absorpsi radiasi	Kuliah tatap muka	100 menit	50% O, 0% L, 50% U	4	Menjelaskan jenis radiasi pengion, absorpsi sinar-X, efek radiasi langsung dan tidak langsung, absorpsi neutron, dan perbedaan antara neutron dan foton.	1 dan 2
2, 3	2,3,4	Kerusakan rantai DNA dan aberasi kromosom; Kurva *survival* sel	Kuliah tatap muka	200 menit	50% O, 0% L, 50% U	8	Menjelaskan kerusakan rantai DNA, pengukuran kerusakan rantai DNA kromosom dan pembelahan sel, peran telomer, aberasi kromosom akibat radiasi, contoh aberasi akibat radiasi, dan aberasi kromosom pada limfosit manusia; Menjelaskan integritas reproduksi, kurva *survival in vitro*, bentuk kurva *survival*, mekanisme kematian sel, kurva *survival* untuk berbagai sel mamalia dalam kultur, bentuk kurva *survival* dan mekanisme kematian sel, onkogenik dan radioresisten, kontrol genetik radiosensitivitas, radiosensitivitas intrinsik dan pengujian prediksi, kurva survival efektif untuk multifraksi, perhitungan kematian sel tumor, perbandingan radiosensitivitas sel mamalia dan mikroorganisme	1 dan 2
4,5	5,6	Radiosensitivitas dan usia sel pada siklus mitosis; Perbaikan pada kerusakan radiasi	Kuliah tatap muka	200 menit	50% O, 0% L, 50% U	8	Menjelaskan siklus sel, kultur pembelahan sel, pengaruh sinar-X pada kultur pembelahan sel, gen pemeriksa molekuler, pengaruh oksigen pada berbagai fase siklus sel, fungsi respon-usia untuk jaringan *in vivo*, variasi	1 dan 2

		dan efek laju dosis					sensitivitas dengan usia sel untuk neutron, mekanisme untuk fungsi respon-usia danImplikasi fungsi respon-usia dalam radioterapi; Menjelaskan klasifikasi kerusakan radiasi, kerusakan letal, perbaikan kerusakan subletal, mekanisme perbaikan kerusakan subletal, perbaikan dan kualitas radiasi efek laju dosis, Contoh laju dosis secara *in vitro* dan *in vivo*	
6,7	7,8,9	Efek oksigen dan reoksigenasi; *Linear Energy Transfer* (LET) dan *Relative Biological Effectiveness* (RBE)	Kuliah tatap muka	200 menit	50% O, 0% L, 50% U	8	Menjelaskan efek oksigen, waktu pada saat oksigen beraksi dan mekanisme efek oksigen, konsentrasi oksigen yang diperlukan, akut dan kronis, hipoksia, percobaan pertama sel hipoksik pada suatu tumor, proporsi sel hipoksik pada berbagai tumor binatang, kasus hipoksia pada tumor manusia, pengukuran oksigen sebagai pengujian prediksi, reoksigenasi, sekuen waktu reoksigenasi, mekanisme reoksigenasi, pentingnya reoksigenasi pada radioterapi, serta hipoksia dan perkembangan tumor; Menjelaskan deposisi energi radiasi, LET, RBE, RBE dan dosis terfraksinasi, RBE untuk variasi sel dan jaringan, RBE sebagai fungsi LET, LET optimal, faktor yang menentukan RBE, efek oksigen dan LET, faktor pembobotan radiasi	1 dan 2
8	Ujian Tengah Semester							
9, 10	10,11,12	Efek akut *Total-Body Irradiation* (TBI); Radioprotektor; Karsinogenesis radiasi	Kuliah tatap muka	200 menit	50% O, 0% L, 50% U	8	Menjelaskan efek letal dini, *prodomal radiation syndrome*, *cerebrovascular syndrome*, *gastrointestinal syndrome*, *hematopoietic syndrome*, dosis letal rerata dan transplantasi *bone-marrow*, perlakukan pada dosis mendekati LD50/60, survivor kecelakaan radiasi,	1 dan 2

							dan pusat bantuan kedaruratan radiasi; Menjelaskan penemuan radioprotektor, mekanisme aksi, perkembangan bahan yang lebih efektif, amifostine (WR-2721) sebagai radioprotektor dalam radioterapi, serta radioprotektor dan kemoterapi; Menjelaskan efek deterministik dan stokastik, karsinogenesis pada laboratorium hewan, periode laten, pengujian resiko, badan yang terkait dengan estimasi resiko dan proteksi radiasi, leukimia, kanker tiroid, payudara, paru, tulang, kulit, perhitungan estimasi resiko untuk kanker akibat radiasi, faktor dosis dan laju dosis, kanker turunan pada pasien radioterapi, resiko kanker pada pekerja industri nuklir, dan kanker paa anak akibat radiasi uterus.	
11,12	13,14,15,16	Efek hereditas radiasi; Efek radiasi pada embrio dan fetus; Katarak akibat radiasi	Kuliah tatap muka	200 menit	50% O, 0% L, 50% U	6	Menjelaskan produksi sel genetik pada pria dan wanita genetika dasar, mutasi efek hereditas akibat radiasi, resiko mutasi relatif dan absolut, resiko mutasi relatif melalui pengujian pada tikus, efek hereditas pada manusia, nilai numerik resiko hereditas; Menjelaskan Tinjauan efek radiasi pada embrio dan fetus, data tikus, pengalaman pada manusia, survivor pada kasus bom hiroshima dan nagasaki dari iradiasi uterus, paparan radiasi medis, perbandingan data manusia dan hewan, paparan radiasi pada wanita, kasus pada pasien hamil; Menjelaskan katarak pada lensa okuler, opaksifikasi lensa pada percobaan hewan, katarak pada manusia, derajat opasitas dan hubungan respon-dosis untuk katarak pada manusia	1 dan 2
13	17,18,19	Dosis dan resiko	Kuliah tatap muka	200 menit	50% O, 0% L,	6	Menjelaskan dosis radiasi alam,	1 dan 2

		pada Radiologi Diagnostik, Radiologi Intervensional dan Kardiologi, dan Kedokteran Nuklir; Proteksi radiasi; Radiobiologi pada Radioterapi - bagian I			50% U		perbandingan antara dosis radiasi alam dan buatan, radiologi diagnostik, radiologi Intervensional dan kardiologi, kedokteran nuklir, iradiasi medis pada anak dan wanita hamil; Menjelaskan Organisasi proteksi radiasi, besaran dan satuan faktor pembobotan radiasi, dosis ekuivalen, dosis efektif, tujuan proteksi radiasi, dasar penentuan batas radiasi, nilai batas dosis pekerja radiasi, As Low As Reasonably Achievable (ALARA), proteksi pada embrio/fetus, paparan kedaruratan pekerja, paparan pada personal kurang dari 18 tahun, paparan pada publik, paparan radon, perbandingan antara National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) dan International Commission on Radiation Protection (ICRP); Menjelaskan hubungan respon-dosis untuk model jaringan normal, kematian mitosis dan apoptosi, hubungan respon-dosis, respon klinis jaringan normal, sel dan jaringan, fek dini dan tunda, fungsi bagian jaringan normal, efek volume pada Radioterapi, patologi radiasi jaringan, klasifikasi radiosensitivitas jaringan, faktor pertumbuhan, jaringan dan organ khusus	
14	20,21,22, 23,24	Radiobiologi pada Radioterapi - bagian II; Radiobiologi pada Radioterapi - bagian III	Kuliah tatap muka	200 menit	20% O, 60% L, 20% U	8	Menjelaskan sistem tumor model, tumor padat yang dapat ditransplantasi, pengukuran pertumbuhan tumor, pengujian TCD 50, teknik pengujian dilusi, pengujian koloni paru, teknik *in vivo/in vitro*, Xenograf tumor manusia, sferoid: sistem tumor model in vitro, sferoid sel tumor manusia,	1 dan 2

							perbandingan berbagai sistem tumor model, apoptosis pada tumor, kinetika sel, jaringan, dan tumor, waktu, dosis, dan fraksinasi pada Radioterapi, prinsip 5R dari radioterapi terfraksinasi (*Repair, Repopulation, Radiosensitivity, Redistribution, Reoxygenation*), kurva isoefek, parameter *linear-quadratic* (LQ), *biological effective dose* (BED), *linear-quadratic equivalent dose* (LQED), Kerusakan residu dan pengulangan treatment, percepatan repopulasi pada tumor dan jaringan normal, faktor waktu dalam radioterapi, konsep model *tumour control probability* (TCP) dan *normal tissue complication probability* (NTCP), modifikasi fraksinasi (hiper-, hipo-, terakselerasi, *concomitant boost*); Menjelaskan Modalitas radiasi alternatif, radiosensitizer dan obat bioreduktif, terapi gen, agen kemoterapi dari perspektif radiobiologist hipertermia	
15	Ujian Akhir Semester							

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

Referensi:

1. G. Gordon Steel (Editor). *Basic Clinical Radiobiology*, Edward Arnold,London, UK, 1993.
2. Eric J. Hall . *Radiobiology for the Radiologist*. 5th ed., Lippincott Williams and Wilkins,Philadelphia, PA, 2000.

IV. Rancangan Tugas dan Latihan

Minggu Ke	Nama Tugas	Sub-CPMK	Penugasan	Ruang Lingkup	Cara Pengerjaan	Batas Waktu	Luaran Tugas yang Dihasilkan
1	Tugas Mandiri 1	1	Soal	Fisika dan kimia absorpsi radiasi	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
2	Tugas Mandiri 2	2,3,4	Soal	Kerusakan rantai DNA dan aberasi kromosom; Kurva *survival* sel	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
3	Tugas Mandiri 3	5,6	Soal	Radiosensitivitas dan usia sel pada siklus mitosis; Perbaikan pada kerusakan radiasi dan efek laju dosis	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
4	Tugas Mandiri 4	7,8,9	Soal	Efek oksigen dan reoksigenasi; *Linear Energy Transfer* (LET) dan *Relative Biological Effectiveness* (RBE)	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
5	**Ujian Tengah Semester**						
5	Tugas Mandiri 5	10,11,12	Soal	Efek akut *Total-Body Irradiation* (TBI); Radioprotektor; Karsinogenesis radiasi	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
6	Tugas Mandiri 6	13,14,15,16	Soal	Efek hereditas radiasi; Efek radiasi pada embrio dan fetus; Katarak akibat radiasi	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
7	Tugas Mandiri 7	17,18,19	Soal	Dosis dan resiko pada Radiologi Diagnostik, Radiologi Intervensional dan Kardiologi, dan Kedokteran Nuklir; Proteksi radiasi; Radiobiologi pada Radioterapi - bagian I	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
8	Tugas Mandiri	20,21,22,23, 24	Soal	Radiobiologi pada Radioterapi - bagian II; Radiobiologi pada Radioterapi - bagian III	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
9	**Ujian Akhir Semester**						

V. Kriteria Penilaian (Evaluasi Hasil Pembelajaran)

Bentuk Evaluasi	Sub-CPMK	Instrumen/Jenis Asesmen	Frekuensi	Bobot Evaluasi (%)
Kuis	1-23	Soal kuis	4	20
Tugas Mandiri	1-23	Lembar tugas mandiri	14	20
UTS	1-9	Soal essay	1	30
UAS	10-24	Soal essay	1	30
Total				**100**

VI. Rubrik

A. Kriteria Nilai Tugas Mandiri

Nilai	Penyampaian Presentasi
>90	Apabila mahasiswa dapat menyelesaikan lebih dari 90% soal dengan benar
70-89	Apabila mahasiswa dapat menyelesaikan antar 70% s.d. 89% soal dengan benar
60-69	Apabila mahasiswa dapat menyelesaikan antar 60% s.d. 69% soal dengan benar
55-59	apabila mahasiswa dapat menyelesaikan antar 55% s.d. 59% soal dengan benar
50-54	apabila mahasiswa dapat menyelesaikan antar 50% s.d. 54% soal dengan benar

B. 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%