BUKU RANCANGAN PENGAJARAN (BRP)

MATA KULIAH

PENDAHULUAN PENCITRAAN MEDIS DAN KEDOKTERAN NUKLIR

oleh

Kristina Tri Wigati, M.Si.

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

Agustus 2016

PENGANTAR

Buku Rancangan Pembelajaran (BRP) ini disusun sebagai panduan kegiatan perkuliahan Pendahuluan Pencitraan Medis dan Kedokteran Nuklir bagi mahasiswa semester lims yang telah memperoleh mata kuliah Teori Pencitraan.

Mata kuliah ini memberikan bekal bagi mahasiswa untuk menguasai teori dan aplikasi sistem pencitraan CT, Ultrasonografi, MRI, 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, Agustus 2016

Kristina Tri Wigati, M.Si

I. Informasi Umum

1.	Nama Program Studi / Jenjang Studi	:	Fisika / S1
2.	Nama Mata Kuliah	:	Pendahuluan Pencitraan Medis dan Kedokteran Nuklir
3.	Kode Mata Kuliah	:	SCFI604916
4.	Semester Ke-	:	5
5.	Jumlah SKS	:	3 SKS
6.	Metode Pembelajaran	:	*Collaborative Learning*
7.	Mata Kuliah yang Menjadi Prasyarat	:	-
8.	Menjadi Prasyarat untuk Mata Kuliah	:	-
9.	Integrasi Antara Mata Kuliah	:	Praktikum Pencitraan Diagnostik
10.	Dosen Pengampu	:	Kristina Tri Wigati, M.Si.
11.	Deskripsi Mata Kuliah	:	Pembentukan citra CT, kualitas citra CT, prinsip Fisika Magnetik Resonance Imaging, pembentukan citra MRI, prinsip Fisika Ultrasonografi, pembentukan citra Ultrasonografi, prinsip kerja kamera Gamma, radiofarmasi dan farmakokenetis, dosimetri Internal, SPECT-CT, PET dan siklotron, dan QA peralatan kedokteran nuklir.

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

A. CPMK

Setelah menyelesaikan mata kuliah ini, bila dihadapkan pada masalah fisika dalam pencitraan medis dan kedokteran nuklir utamanya berkaitan dengan CT, MRI, Ultrasonografi, pencitraan kedokteran nuklir planar, SPECT, PET, radiofarmasi dan farmakokinetik, dosimetri internal, serta jaminan kualitas peralatan pencitraan medis dan kedokteran nuklir, mahasiswa fisika semester V mampu menjelaskan prinsip dasar CT, MRI, ultrasonografi dan kedokteran nuklir **(ELOs 3,5,6, dan 7).**

B. Sub-CPMK

1. Menjelaskan aplikasi klinis pencitraan CT secara umum (C2).
2. Menjelaskan prinsip akuisisi data dalam pencitraan CT (C2).
3. Menjelaskan dan menerapkan (C3) prinsip rekonstruksi pencitraan CT (C2).
4. Menguraikan jenis dan menjelaskan prinsip kerja komponen perangkat sistem CT (C2).
5. Mempelajari sejarah perkembangan geometri sistem CT (C1).
6. Menjelaskan jenis detektor sistem CT (C2).
7. Mempelajari prinsip kerja sistem detektor CT (*single-slice dan multi-slice*) (C2).
8. Menjelaskan prinsip pencitraan CT *real time dan dual source*(C2).
9. Memahami parameter penentu kualitas citra CT dan menjelaskan pengaruh penggunaan media kontras pada pencitraan CT (C2).
10. Mengidentifikasi artifak pada pencitraan CT (C3).
11. Menjelaskan dan melakukan perhitungan (C3) dosimetri CT (C2).
12. Mempelajari jaminan kualitas pencitraan CT (C1).
13. Mengamati karakteristik gelombang ultrasonik (C2).
14. Menjelaskan interaksi ultrasonik dengan materi (C2).
15. Menjelaskan prinsip kerja transducer elemen tunggal dan array (C2).
16. Menjelaskan dan menganalisa profil berkas ultrasonik (C2).
17. Menjelaskan komponen perangkat sistem USG berikut prinsip kerjanya (C2).
18. Menjelaskan konsep dasar pembentukan citra USG (C2).

19. Menjelaskan metode *A-mode*, *B-mode*,*M-mode* pada pencitraan ultrasonik (C2).
20. Menguraikan konsep pencitraan ultrasonik Doppler (C2).
21. Menjelaskan aplikasi klinis pencitraan ultrasonik (C2).
22. Mempelajari jaminan kualitas B-mode USG (C1).
23. Mempelajari efek biologi dan keselamatan penggunaan pencitraan ultrasonik (C1).
24. Menjelaskan konsep magnetisme, medan magnet, dan magnet (C2).
25. Menjelaskan prinsip resonansi dan eksitasi akibat medan magnet statik dan radiofrekuensi (C2).
26. Menjelaskan persamaan keseimbangan dan mekanisme relaksasi (T1,T2,$T2^*$) (C2).
27. Menjelaskan sifat magnetisasi jaringan tubuh (C2).
28. Menjelaskan berbagai parameter terkait teknik akuisisi dasar dan efek media kontras (C2).
29. Menjelaskan metode akuisisi *spin-echo* dan pembobotan (C2).
30. Memahami prinsip lokalisasi sinyal MR menggunakan gradien medan magnet (seleksi irisan, enkoding frekuensi, enkoding fase, dan ketelitian spasial) (C2).
31. Memahami prinsip akuisisi data 'K-space" dan rekonstruksi citra (C2).
32. Menjelaskan metode akuisisi *inversion recovery* dan aplikasi (STIR, FLAIR, *short time inversion recovery*, *fluid attenuated inversion recovery*) (C2).
33. Menjelaskan teknik supresi sinyal (C2).
34. Menjelaskan metode *ultrafast imaging* (*echo-planar imaging* dan *spiral techniques*) (C2).
35. Menjelaskan prinsip dasar MRA: mekanisme aliran, *time of flight*, dan media kontras (C2).
36. Menjelaskan prinsip dasar MRS (C2).
37. Menjelaskan subsistem medan magnet statik: desain magnet (konvensional dan superkonduktor) dan penempatannya (*siting*) (C2).
38. Menjelaskan subsistem medan radiofrekuensi: desain lilitan dan shielding radiofrekuensi (C2).
39. Menjelaskan subsistem gradien medan magnet (C2).
40. Menjelaskan masalah kualitas citra MRI terkait dengan rasio sinyal-noise, rasio kontras-noise, resolusi, dan waktu akuisisi citra (C3).

41. Mengidentifikasi artifak citra akibat gerakan, aliasing atau *wrap-around*, keberadaan objek metal, *chemical shift*, *truncation*, distorsi, masalah lilitan radiofrekuensi dan interferensi, ghosting, dan masalah receiver/memory/array processor (C3).
42. Menjelaskan jaminan kualitas MRI (C1).
43. Memberikan contoh aplikasi klinis MRI (C2).
44. Mempelajari sistem hybrid MR/CT (C1).
45. Menjelaskan efek biologi dan keselamatan MRI (C1).
46. Mendefinisikan dan melakukan perhitungan besaran aktivitas, konstanta peluruhan, waktu paruh fisika dan persamaan dasar peluruhan inti (C3).
47. Menjelaskan berbagai jenis dan produk peluruhan inti (C2).
48. Menjelaskan skema peluruhan radioaktif yang digunakan dalam pencitraan kedokteran nuklir (C2).
49. Memahami prinsip kerja berbagai detektor yang digunakan dalam pencitraan kedokteran nuklir meliputi detektor isian gas, sintilasi, semikonduktor dan termoluminisensi (C2).
50. Memahami konsep spektroskopi gamma (C2).
51. Menguraikan performa sistem *single-channel* dan *multichannel analyzer* (SCA dan MCA) termasuk kalibrasi dan resolusi energi (C2).
52. Menjelaskan prinsip kerja *probe* tiroid dan *well-counter* (C2).
53. Menjelaskan prinsip kerja *dose calibrator* (C2).
54. Melakukan kalkulasi statistik pencacahan (C3).
55. Menguraikan produksi radionuklida melalui siklotron, reaktor nuklir, dan generator (C2)
56. Memahami konsep keseimbangan transien dan sekuler antara inti induk dan anak (C2).
57. Mempelajari jenis radiofarmasi yang digunakan dalam pencitraan kedokteran nuklir (C1).
58. Memahami prinsip mekanisme lokalisasi radiofarmasi dalam tubuh (C2).
59. Mengetahui penanganan keamanan penggunaan radiofarmasi (C1).
60. Menjelaskan dan melakukan perhitungan dosimetri internal (C3).
61. Memahami prinsip kerja komponen perangkat kamera gamma (C2).
62. Mempelajari faktor penentu kinerja sistem kamera gamma (C2).
63. Menjelaskan prinsip pembentukan citra kamera gamma (C2).
64. Menjelaskan dan mengaplikasikan komputerisasi pencitraan nuklir planar (C3).
65. Memahami prinsip kerja komponen perangkat SPECT (C2).

66. Menjelaskan faktor penentu kinerja sistem SPECT (C2).
67. Memahami prinsip pembentukan citra SPECT (C2).
68. Memahami prinsip kerja komponen perangkat PET (C2).
69. Menjelaskan faktor penentu kinerja sistem PET (C2).
70. Memahami prinsip pembentukan citra PET (C2).
71. Memahami prinsip kerja sistem hybrid SPECT/CT (C2).
72. Memahami prinsip kerja sistem hybrid PET/CT (C2).
73. Menjelaskan parameter kualitas citra kedokteran nuklir: kontras, blurring dan visibilitas detail, image noise, dan uniformitas (C3).
74. Menjelaskan jaminan kualitas kedokteran nuklir (C1).
75. Mengetahui berbagai peraturan nasional dan internasional mengenai pencitraan kedokteran nuklir (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	1-9	Prinsip dasar pembentukan citra CT dan perangkat sistem CT	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan Overview aplikasi klinis CT, Mode akuisisi data dalam pencitraan CT, Rekonstruksi citra CT; Menjelaskan Generasi sistem CT Sistem detektor CT (*single-slice* dan *multi-slice*) Perkembangan sistem CT modern	[1] Bab 10
2	10-14	Kualitas citra, dosimetri, dan jaminan kualitas CT	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan Kualitas citra CT, Artifak citra CT, Dosimetri CT, Jaminan kualitas CT	[1] Bab 10
3	15-21	Karakteristik gelombang ultrasonik, prinsip pembentukan citra USG, dan perangkat sistem USG	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan karakteristik gelombang ultrasonik, Interaksi ultrasonik dengan materi, Transduser, Profil berkas ultrasonik, Perangkat sistem USG, Prinsip pembentukan citra USG	[1] Bab 14
4	22-25	Aplikasi klinis, jaminan kualitas, dan efek biologi pencitraan ultrasonik	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan Pencitraan ultrasonik Doppler, Aplikasi klinis pencitraan ultrasonik, Jaminan kualitas USG, Efek biologi dan keselamatan penggunaan pencitraan ultrasonik	[1] Bab 14
5	26-33	Prinsip resonansi magnetik	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan Magnetisme, medan magnet, dan magnet Sinyal resonansi magnetik, Sifat magnetisasi jaringan tubuh, Parameter akuisisi dasar, Metode akuisisi pulsa dasar, Lokalisasi sinyal MR	[1] Bab 12

							Akuisisi data ‘K-space” dan rekonstruksi citra	
6	34-41	Pembentukan citra dan perangkat sistem MRI	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan Metode akuisisi citra lanjutan, MR Angiography (MRA), MR Spectroscopy (MRS), Perangkat sistem MRI	[1] Bab 12 dan 13
7	42-44	Kualitas citra dan jaminan kualitas MRI biologis dan keselamatan MRI	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan parameter kualitas citra, artifak, sistem hybrid MR/CT, efek biologi dan keselamatan MRI	[1] Bab 13
8	**Ujian Tengah Semester**							
9	45-47	Aplikasi klinis, efek biologi dan keselamatan MRI	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan aplikasi klinis MRI, sistem hybrid MR/CT, efek biologi dan keselamatan MRI	[1] Bab 13
10	48-56	Radioaktivitas dan transformasi inti, Deteksi dan pengukuran radiasi	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan terminologi dalam peluruhan radionuklida, transformasi inti, jenis dan prinsip kerja berbagai detektor yang digunakan dalam pencitraan kedokteran nuklir, *pulse height spectroscopy*, aplikasi detektor non-pencitraan, dan statistik pencacahan	[1] Bab 15 dan 17
10	57-62	Produksi radionuklida, radiofarmasi, dan dosimetri internal	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan Produksi radionuklida, Radiofarmasi Dosimetri internal	[1] Bab 16
11	63-66	Pencitraan kedokteran nuklir planar	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan kamera gamma, komputerisasi pencitraan nuklir planar	[1] Bab 18
12	67-74	Pencitraan kedokteran nuklir tomografi	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan SPECT, PET, Sistem hybrid SPECT/CT, PET/CT.	[1] Bab 19
13	75-77	Kualitas citra dan jaminan kualitas kedokteran nuklir	Kuliah tatap muka	100 menit	70% O, 0% L, 30% U	4	Menjelaskan parameter kualitas citra kedokteran nuklir, Jaminan kualitas kedokteran nuklir, Peraturan nasional dan internasional aplikasi pencitraan	[1] Bab 19

							kedokteran nuklir.	
14	**Ujian Akhir Semester**							

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

Referensi:

1. J. T. Bushberg, J. A. Seibert, E. M. Leidhodt, Jr., J. M. Boone. *The Essential Physics of Medical Imaging*. 3nd ed., Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 2011.
2. P.P Dendy and B. Heaton. *Physics of Diagnostic Radiology*, Institute of Physics Publishing, London, UK, 1999.
3. P. Sprawl. *Physical Principles of Medical Imaging*, Aspen Publishers,. Gaithersburg, Maryland, 1987.
4. Adrienne Finch (Editor). *Assurance of Quality in the Diagnostic Imaging Department*, The British Institute of Radiology, London, 2001
5. G. ter Haar and F. A. Duck (Editor). *The Safe Use of Ultrasound in Medical Diagnostic*, The British Institute of Radiology, London, 2001.
6. AAPM Report No. 39. *Specification and Acceptance Testing of Computed Tomography Scanners*, American Institute of Physics, New York,1993.
7. AAPM Report no. 76. *Quality Control in Diagnostic Radiology*, American Institute of Physics, New York, 2002.

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	1-9	Soal	Prinsip dasar pembentukan citra CT dan perangkat sistem CT	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
2	Tugas Kelompok 1	1-9	Presentasi	Kualitas citra, dosimetri, dan jaminan kualitas CT	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
3	Kuis 1	1-9	Soal	Kualitas citra, dosimetri, dan jaminan kualitas CT	Tugas individu	50 menit	Laporan tertulis
4	Tugas Mandiri 2	10-14	Soal	Karakteristik gelombang ultrasonik, prinsip pembentukan citra USG, dan perangkat sistem USG	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
5	Tugas Mandiri 3	22-25	Soal	Aplikasi klinis, jaminan kualitas, dan efek biologi pencitraan ultrasonik	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
6	Tugas Mandiri 4	26-33	Soal	Prinsip resonansi magnetik	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
7	Tugas Kelompok 2	34-41	Presentasi	Pembentukan citra dan perangkat sistem MRI	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
8	**Ujian Tengah Semester**						
9	Kuis 2	42-44	Soal	Kualitas citra dan jaminan kualitas MRI biologis dan keselamatan MRI	Tugas individu	50 menit	Laporan tertulis
10	Tugas Kelompok 3	48-56	Presentasi	Radioaktivitas dan transformasi inti, Deteksi dan pengukuran radiasi	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
11	Tugas Kelompok 4	57-62	Presentasi	Produksi radionuklida, radiofarmasi, dan dosimetri internal	Tugas kelompok	1 minggu	Laporan tertulis
12	Kuis 3	63-66	Soal	Pencitraan kedokteran nuklir planar	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
13	Tugas Mandiri 5	75-77	Soal	Kualitas citra dan jaminan kualitas kedokteran nuklir	Tugas individu di rumah (PR)	1 minggu	Laporan tertulis
14	**Ujian Akhir Semester**						

V. Kriteria Penilaian (Evaluasi Hasil Pembelajaran)

Bentuk Evaluasi	Sub-CPMK	Instrumen/Jenis Asesmen	Frekuensi	Bobot Evaluasi (%)
Kuis	3,8,12	Lembar tes	3	20
Tugas Mandiri	1,2,4,5,6,11,13	Berkas tugas	8	10
Tugas Kelompok	2,5,7,9,10	Lembar penilaian	5	10
UTS	1-7	Soal ujian	1	30
UAS	9-13	Soal ujian	1	30
Total				**100**

VI. Rubrik

A. Kriteria Nilai Tugas Mandiri

Nilai	Kualitas Jawaban
>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. 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.

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%