BUKU RANCANGAN PENGAJARAN (BRP)

MATA KULIAH

FISIKA NUKLIR DAN PARTIKEL

oleh

Dr. Agus Salam

Program Studi S1 Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia
Depok
Desember 2017

PENGANTAR

Buku Rancangan Pembelajaran atau disingkat BRP berisi rencana pembelajaran selama satu semester. BRP disusun untuk digunakan sebagai acuan pembelajaran mata kuliah Fisika Nuklir & Partikel di Departemen Fisika FMIPA UI.

Mata kuliah Fisika Nuklir & Partikel dijadwalkan untuk diikuti oleh mahasiswa fisika semester 5 yang mengambil peminatan Fisika Nuklir & Partikel, dengan persyaratan bahwa mahasiswa telah mengambil mata kuliah Fisika Modern dan Fisika Matematika 3.

Pada mata kuliah Fisika Nuklir & Partikel, mahasiswa akan mempelajari fenomena-fenomena nuklir dan partikel dengan menerapkan konsep-konsep fisika klasik maupun kuantum. Mahasiswa juga mempelajari prinsip-prinsip dasar eksperimen yang dilakukan dalam mempelajari fenomena-fenomena tersebut. Di akhir perkuliahan, mahasiswa akan mempresentasikan tugas yang diberikan dosen sesuai topik perkuliahan.

Dengan telah disusunnya BRP ini, diharapkan dapat menjadi acuan proses pembelajaran bagi dosen dan pemelajaran bagi mahasiswa peserta kuliah pada khususnya dan bagi masyarakat yang ingin mempelajarinya.

Jakarta, 17 Desember 2017

Dr. Agus Salam

I. Informasi Umum

1.	Nama Program Studi / Jenjang Studi	:	Fisika / S1
2.	Nama Mata Kuliah	:	Fisika Nuklir dan Partikel
3.	Kode Mata Kuliah	:	SCFI603415
4.	Semester Ke-	:	5
5.	Jumlah SKS	:	4 SKS
6.	Metode Pembelajaran	:	Kuliah Interaktif
7.	Mata Kuliah yang Menjadi Prasyarat	:	Mekanika Kuantum 1, Pendahuluan Fisika Inti
8.	Menjadi Prasyarat untuk Mata Kuliah	:	Struktur Nukleon
9.	Integrasi Antara Mata Kuliah	:	Mata kuliah Fisika Nuklir & Partikel merupakan mata kuliah pendahuluan dan pengenalan dalam memasuki Peminatan Fisika Nuklir & Partikel sehingga mata kuliah ini terintegrasi dengan mata kuliah-mata kuliah di semester selanjutnya pada peminatan tersebut.
10.	Dosen Pengampu	:	Dr. Agus Salam
11.	Deskripsi Mata Kuliah	:	Fenomena nuklir, model nuklir, radiasi nuklir, aplikasi fisika nuklir, deposisi energi pada medium, deteksi partikel, akselerator, sifat dan interaksi partikel elementer, simetri, transformasi diskrit, kaon netral, osilasi, dan pelanggaran CP, formulasi model standar, model standar dan data eksperimen, di luar model standar.

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

A. CPMK

Setelah mahasiswa menyelesaikan proses pembelajaran mata kuliah ini, mereka mempunyai pemahaman dan wawasan yang lebih baik dan lebih luas mengenai fenomena nuklir dan partikel, baik secara teoretis maupun eksperimen, sehingga mereka siap untuk mempelajari fisika nuklir dan fisika partikel dengan lebih mendalam dan lebih kuantitatif.

B. Sub-CPMK

1. Mengenal dan memahami fenomena nuklir
2. Menjelaskan sifat-sifat nuklir dengan menggunakan model nuklir
3. Menjelaskan mekanisme radiasi nuklir dengan menerapkan konsep kuantum
4. Menjelaskan aplikasi nuklir dalam kehidupan manusia
5. Menjelaskan mekanisme deposisi energi pada medium dengan menerapkan konsep klasik maupun kuantum
6. Menjelaskan beberapa metode deteksi partikel
7. Menjelaskan beberapa metode pemercepat partikel
8. Menjelaskan sifat-sifat dan klasifikasi partikel elementer
9. Memanfaatkan simetri dalam menjelaskan sifat dan reaksi partikel
10. Menjelaskan hubungan transformasi diskrit dan hukum kekekalan
11. Menjelaskan fenomena kaon netral dan kaitannya dengan konsep osilasi dan pelanggaran CP
12. Memahami formulasi model standar partikel elementer
13. Memahami kelebihan dan kekurangan model standar terhadap data eksperimen
14. Memahami model-model lain di luar model standar

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	Labeling of Nuclei; Masses of Nuclei; Sizes of Nuclei; Nuclear Spins and Dipole Moments; Stability of Nuclei; Instability of Nuclei; Nature of the Nuclear Force	Kuliah mimbar, presentasi oleh mahasiswa	2x50 menit	70% O, 30% U	6	Mengenal dan memahami fenomena nuklir	No. 1 Bab 2
2	2	Liquid Drop Model; The Fermi-Gas Model; Shell Model; Infinite Square Well; Harmonic Oscillator; Spin-Orbit Potential; Predictions of the Shell Model; Collective Model; Superdeformed Nuclei	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	6	Menjelaskan sifat-sifat nuklir dengan menggunakan model nuklir	No.1 Bab 3
3	3	Alpha Decay; Barrier Penetration; Beta Decay; Lepton Number; Neutrino Mass; The Weak Interaction; Gamma Decay	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	6	Menjelaskan fenomena radiasi nuklir dengan menggunakan konsep kuantum	No. 1 Bab 4
4	4	Nuclear Fission; Basic Theory of Fission; Chain Reaction; Nuclear Fusion; Radioactive Decay; Radioactive Equilibrium; Natural Radioactivity and Radioactive Dating	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	6	Menjelaskan aplikasi nuklir dalam kehidupan manusia	No. 1 Bab 5
5	5	Charged Particles; Units of Energy Loss and Range;	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	6	Menjelaskan mekanisme deposisi pada medium dengan	No. 1 Bab 6

		Straggling, Multiple Scattering, and Statistical Processes; Energy Loss Through Bremss.trahlung; Interactions of Photons with Matter; Photoelectric Effect; Compton Scattering; Pair Production; Interactions of Neutrons; Interaction of Hadrons at High Energies					menggunakan konsep klasik maupun kuantum	
6	6	Ionization Detectors; Ionization Counters; Proportional Counters; Geiger-Miiller Counters; Scintillation Detectors; Time of Flight; Cherenkov Detectors; Semiconductor Detectors; Calorimeters; Layered Detection	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	10	Menjelaskan beberapa model deteksi partikel	No. 1 Bab 7
7	7	Electrostatic Accelerators; Cockcroft-Walton Machines; Van de Graaff Accelerator; Resonance Accelerators; Cyclotron; Linac or Linear Accelerator; Synchronous Accelerators; Phase Stability; Strong Focusing; Colliding Beams	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	10	Menjelaskan beberapa metode pemercepat partikel	No.1 Bab 8
8	**Ujian Tengah Semester**							
9	8	Forces; Elementary Particles; Quantum Numbers; Baryon Number; Lepton Number; Strangeness; Isospin; Gell-	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	10	Menjelaskan sifat-sifat dan klasifikasi partikel elementer	No. 1 Bab 9

		Mann-Nishijima Relation; Production and Decay of Resonances; Determining Spins; Violation of Quantum Numbers; Weak Interactions; Hadronic Weak Decays; Semileptonic Processes; Electromagnetic Processes						
10	9	Symmetries in the Lagrangian Formalism; Symmetries in the Hamiltonian Formalism; Infinitesimal Translations; Infinitesimal Rotations; Symmetries in Quantum Mechanics; Continuous Symmetries; Isotopic Spin; Local Symmetries	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	10	Memanfaatkan simetri dalam menjelaskan sifat dan reaksi partikel	No. 1 Bab 10
11	10	Parity; Conservation of Parity; Violation of Parity; Time Reversal; Charge Conjugation; CPT Theorem	Kuliah mimbar	2x50 menit	70% O, 30% U	10	Menjelaskan transformasi diskrit dan Hukum Kekekalan	No. 1 Bab 11
12	11	Neutral Kaons; CP Eigenstates of Neutral Kaons; Strangeness Oscillation; K10 Regeneration; Violation of CP Invariance; Time Development and Analysis of the K°-K° System; Semileptonic K° Decays	Kuliah mimbar	2x50 menit	30% O, 40% L, 30% U	6	Menjelaskan Kaon netral dan kaitannya dengan osilasi dan pelanggaran CP	No. 1 Bab 12
13	12	Quarks and Leptons; Quark Content of Mesons; Quark Content of Baryons; Need	Kuliah mimbar	2x50 menit	30% O, 40% L, 30% U	4	Memahami formulasi standar partikel elementer	No. 1 Bab 13

		for Color; Quark Model for Mesons; Valence and Sea Quarks in Hadrons; Weak Isospin and Color Symmetry; Gauge Bosons; Dynamics of the Gauge Particles; Symmetry Breaking; Chromodynamics (QCD) and Confinement; Quark-Gluon Plasma						
14	13	Comparisons with Data; Cabibbo Angle and the "GIM" Mechanism; CKM Matrix; Higgs Boson and sin2 6w	Kuliah mimbar	2x50 menit	30% O, 40% L, 30% U	6	Memahami kelebihan dan kekurangan model standar terhadap data eksperimen	No. 1 Bab 14
15	14	Grand Unification; Supersymmetry (SUSY); Gravity, Supergravity and Superstrings	Kuliah mimbar	2x50 menit	30% O, 40% L, 30% U	4	Memahami model-model lain di luar model standar	No. 1 Bab 15
16	**Ujian Akhir Semester**							

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

Referensi:

1. A. Das and T. Ferbel, *Introduction to Nuclear and Particle Physics*, 2nd ed., World Scientific, 2003.

IV. Rancangan Tugas dan Latihan

Minggu Ke	Nama Tugas	Sub-CPMK	Penugasan	Ruang Lingkup	Cara Pengerjaan	Batas Waktu	Luaran Tugas yang Dihasilkan
1	Fenomena nuklir	1	Tugas Kelompok	Labeling of Nuclei; Masses of Nuclei; Sizes of Nuclei; Nuclear Spins and Dipole Moments; Stability of Nuclei; Instability of Nuclei; Nature of the Nuclear Force	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
2	Model nuklir	2	Tugas Kelompok	Liquid Drop Model; The Fermi-Gas Model; Shell Model; Infinite Square Well; Harmonic Oscillator; Spin-Orbit Potential; Predictions of the Shell Model; Collective Model; Superdeformed Nuclei	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
3	Radiasi nuklir	3	Tugas Kelompok	Alpha Decay; Barrier Penetration; Beta Decay; Lepton Number; Neutrino Mass; The Weak Interaction; Gamma Decay	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
4	Aplikasi fisika nuklir	4	Tugas Kelompok	Nuclear Fission; Basic Theory of Fission; Chain Reaction; Nuclear Fusion; Radioactive Decay; Radioactive Equilibrium; Natural Radioactivity and Radioactive Dating	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
5	Deposisi energi pada medium	5	Tugas Kelompok	Charged Particles; Units of Energy Loss and Range; Straggling, Multiple Scattering, and Statistical Processes; Energy Loss Through Bremss.trahlung; Interactions of Photons with Matter; Photoelectric Effect; Compton Scattering; Pair Production; Interactions of Neutrons; Interaction of Hadrons at High Energies	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
6	Deteksi partikel	6	Tugas Kelompok	Ionization Detectors; Ionization Counters; Proportional Counters; Geiger-Miiller Counters; Scintillation Detectors; Time of Flight; Cherenkov Detectors;	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil

				Semiconductor Detectors; Calorimeters; Layered Detection			presentasi, lembar tugas mandiri
7	Akselerator	7	Tugas Kelompok	Electrostatic Accelerators; Cockcroft-Walton Machines; Van de Graaff Accelerator; Resonance Accelerators; Cyclotron; Linac or Linear Accelerator; Synchronous Accelerators; Phase Stability; Strong Focusing; Colliding Beams	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
9	Sifat dan interaksi partikel elementer	8	Tugas Kelompok	Forces; Elementary Particles; Quantum Numbers; Baryon Number; Lepton Number; Strangeness; Isospin; Gell-Mann-Nishijima Relation; Production and Decay of Resonances; Determining Spins; Violation of Quantum Numbers; Weak Interactions; Hadronic Weak Decays; Semileptonic Processes; Electromagnetic Processes	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
	Simetri	9	Tugas Kelompok	Symmetries in the Lagrangian Formalism; Symmetries in the Hamiltonian Formalism; Infinitesimal Translations; Infinitesimal Rotations; Symmetries in Quantum Mechanics; Continuous Symmetries; Isotopic Spin; Local Symmetries	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
	Transformasi diskrit	10	Tugas Kelompok	Parity; Conservation of Parity; Violation of Parity; Time Reversal; Charge Conjugation; CPT Theorem	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
	Kaon netral, osilasi, dan pelanggaran CP	11	Tugas Kelompok	Neutral Kaons; CP Eigenstates of Neutral Kaons; Strangeness Oscillation; K10 Regeneration; Violation of CP Invariance; Time Development and Analysis of the K°-K° System; Semileptonic K° Decays	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
	Formulasi model standar	12	Tugas Kelompok	Quarks and Leptons; Quark Content of Mesons; Quark Content of Baryons; Need for Color; Quark Model for Mesons; Valence and Sea Quarks in Hadrons; Weak Isospin and Color Symmetry; Gauge Bosons; Dynamics of the Gauge Particles; Symmetry Breaking;	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri

				Chromodynamics (QCD) and Confinement; Quark-Gluon Plasma			
	Model standar dan data eksperimen	13	Tugas Kelompok	Comparisons with Data; Cabibbo Angle and the "GIM" Mechanism; CKM Matrix; Higgs Boson and sin2 6w	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online	2x50 menit	*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri
	Di luar model standar.	14	Tugas Kelompok	Grand Unification; Supersymmetry (SUSY); Gravity, Supergravity and Superstrings	Di kelas/ berkelompok, Mandiri dan Online		*Power point mahasiswa*, hasil presentasi, lembar tugas mandiri

V. Kriteria Penilaian (Evaluasi Hasil Pembelajaran)

Bentuk Evaluasi	Sub-CPMK	Instrumen/Jenis Asesmen	Frekuensi	Bobot Evaluasi (%)
Tugas Mandiri	1-4	Lembar jawaban	0	20
Tugas Kelompok	5-6	Bahan Presentasi dan Presentasi	14	30
Ujian Tengah Semester	1-3	Lembar jawaban	1	30
Ujian Akhir Semester	4-6	Lembar jawaban	1	40
Total				**100**

VI. Rubrik

A. Kriteria Nilai Presentasi

Nilai	Penyampaian Presentasi
85-90	Kelompok mampu menyampaikan penjelasan secara logis, lancar, dan tepat waktu serta mampu menjawab pertanyaan-pertanyaan dari rekan mahasiswa maupun pengajar
75-84	Kelompok mampu menyampaikan penjelasan secara logis dan lancar dan dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan dari rekan mahasiswa maupun pengajar, tetapi kurang dapat mengatur waktu dengan baik
65-74	Kelompok mampu menyampaikan penjelasan secara lancar tetapi kurang dapat menyampaikan logika penalarannya
55-64	Kelompok kurang mampu menyampaikan penjelasan secara lancar dan tepat waktu dan kurang dapat menyampaikan logika penalarannya
<55	

B. Kriteria Nilai Esai

Nilai	Kualitas Jawaban
100	Jawaban sangat tepat, semua pengertian dan komponen utama dijelaskan dengan sangat lengkap
76-99	Jawaban cukup tepat, pengertian dan komponen utama dijelaskan cukup lengkap
51-75	Jawaban kurang tepat, pengertian dan komponen utama dijelaskan dengan kurang lengkap
26-50	Jawaban sangat kurang tepat, pengertian dan komponen utama dijelaskan dengan sangat kurang lengkap

<25	Jawaban salah

VII. Lampiran: Contoh Soal Ujian

Ujian Akhir Semester
FISIKA NUKLIR & PARTIKEL
Program S1, Departemen Fisika, Universitas Indonesia
Dosen : Dr. Agus Salam
Sifat : *open book*
Waktu : Senin, 7 Januari 2013, 100 menit

---

1. Dalam studi inti atom, dikenal bilangan 2, 8, 20, 28, 50, 82, dan seterusnya, yang disebut bilangan ajaib (*magic number*).

   (a) Jelaskan apa maksud bilangan tersebut.

   (b) Jelaskan bagaimana model kulit dengan interaksi spin-orbit dapat mereproduksi bilangan tersebut?

   (c) Berdasarkan model tersebut, tentukan konfigurasi proton dan neutron untuk inti atom C^{11}, Sc^{45}, Ni^{61}, Ge^{73}, dan Tl^{203}.
   Hint: Seperti konfigurasi elektron pada atom.

   (d) "Spin" inti atom ditentukan oleh momentum anguler total $(\vec{L}+\vec{S})$ nukleon di kulit terakhir. Dari konfigurasi di atas, tentukan spin inti atomnya.

2. Sebuah foton bertumbukan dengan target bermassa M yang mula-mula dalam keadaan diam di kerangka lab. Buktikan bahwa energi minimum foton di kerangka tersebut untuk menghasilkan pasangan elektron-positron adalah

$$E_\gamma = 2mc^2\left(1+\frac{m}{M}\right) \tag{1}$$

   dengan m massa elektron/positron.
   Hint: Gunakan variabel Mandelstam s di kerangka lab dan pusat momentum.

3. Meson $\rho^0(770)$ memiliki $J^P = 1^-$ dan meluruh menjadi pasangan $\pi^+\pi^-$ melalui interaksi kuat. Dari pertimbangan simetri dan momentum anguler, jelaskan mengapa peluruhan $\rho^0(770) \to \pi^0\pi^0$ tidak teramati (*forbidden*)?