



PHYSICAL SOCIETY OF INDONESIA

Sarijadi Blok 2 No 22 RT 008, RW 002, Kel. Sarijadi, Kec. Sukasari,
Bandung, Jawa Barat, Indonesia. Kode Pos : 40151
<http://fisika.or.id>, email: psi@fisika.or.id

KEPUTUSAN PHYSICAL SOCIETY OF INDONESIA (PSI)

NOMOR: 0001/P.01/SK.08/2023

TENTANG

CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN DAN KONTEN MINIMUM (KURIKULUM MINIMUM) PROGRAM STUDI FISIKA, PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA DAN PROGRAM STUDI PENGAJARAN FISIKA

Ketua Majelis Umum-Physical Society of Indonesia,

Menimbang : a. bahwa untuk membangun, dan meningkatkan kualitas pendidikan, serta menjaga mutu pendidikan pada Program Studi Fisika dan Program Studi Pendidikan Fisika, maka Physical Society Of Indonesia (PSI) sebagai lembaga profesi mengajukan rekomendasi tentang panduan capaian pembelajaran lulusan dan kurikulum minimum;

b. bahwa hasil rekomendasi sebagaimana huruf a di atas merupakan hasil kajian para ahli Physical Society Of Indonesia (PSI) yang telah melalui tahapan revidi dan ditetapkan di Sidang Majelis Physical Society Of Indonesia (PSI) pada 21 Agustus 2023, di Sanur, Bali;

c. bahwa sehubungan dengan huruf a dan b di atas, Physical Society Of Indonesia (PSI) perlu menetapkan Keputusan.

Mengingat : 1. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia:

a. Pasal 5 Penyetaraan capaian pembelajaran yang dihasilkan melalui pendidikan dengan jenjang kualifikasi pada KKNI terdiri atas: f. lulusan Diploma 4 atau Sarjana Terapan dan Sarjana paling rendah setara dengan jenjang 6; g. lulusan Magister Terapan dan Magister paling rendah setara dengan jenjang 8; h. lulusan Doktor Terapan dan Doktor setara dengan jenjang 9;

b. Lampiran Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 Tanggal 17 Januari 2012 Deskripsi Jenjang Kualifikasi KKNI;

2. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi:

a. Pasal 3 Ayat (2) Standar Nasional Pendidikan Tinggi wajib: c. dijadikan dasar penyelenggaraan Pembelajaran berdasarkan Kurikulum pada Program Studi;

b. Pasal 4 Ayat (2) Standar Nasional Pendidikan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) menjadi acuan dalam menyusun, menyelenggarakan, dan mengevaluasi Kurikulum.

c. Pasal 41 Ayat (2) Unit Pengelola Program Studi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) wajib: a. melakukan penyusunan Kurikulum dan rencana Pembelajaran dalam setiap mata kuliah;

MEMUTUSKAN:

- Menetapkan:
- PERTAMA** : Hasil kajian para ahli Physical Society Of Indonesia (PSI) berupa lampiran dalam Keputusan ini ditetapkan menjadi dokumen resmi rekomendasi sebagai bahan rujukan tentang capaian pembelajaran lulusan dan konten minimum (kurikulum minimum) Program Studi Fisika dan Program Studi Pendidikan Fisika.
- KEDUA** : Sebelum dikeluarkan atau ditetapkannya dokumen terbaru maka Surat Keputusan ini tetap berlaku sebagai bahan rujukan dalam penyusunan capaian pembelajaran lulusan dan konten minimum (kurikulum minimum) Program Studi Fisika dan Program Studi Pendidikan Fisika.
- KETIGA** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditandatangani dan tetap berlaku jika tidak ada keputusan terbaru yang mengubah sebagian atau seluruh keputusan ini.

Ditetapkan di Sanur, Bali
Pada Tanggal 21 Agustus 2023
Ketua Majelis Umum ,



Wahyu Srigutomo
Prof. Ir. Wahyu Srigutomo, S.Si, M.Si, Ph.D

Lampiran :

1. Kurikulum minimal S1, S2, S3 Fisika.
2. Kurikulum minimal S1, S2, S3 Pendidikan Fisika.
3. Kurikulum minimal S2 Pengajaran Fisika.

Lampiran 1. Kurikulum minimal S1, S2, S3 Fisika

KONTEN MINIMUM KURIKULUM SARJANA, MAGISTER, DAN DOKTOR FISIKA

1. Pendahuluan

Konten minimum kurikulum program studi fisika pada jenjang sarjana, magister, dan doktor disusun dengan mengacu pada capaian pembelajaran KKNi untuk program-program studi yang terkait. Penyusunan konten minimum kurikulum program studi fisika dilakukan dengan memperhatikan pohon pengetahuan (*body of knowledge*) ilmu fisika dan capaian pembelajaran fisika menurut KKNi. Selain itu, kurikulum harus memenuhi sifat keberlanjutan: program doktor fisika merupakan kelanjutan dari program magister fisika dan program magister fisika merupakan kelanjutan dari program sarjana fisika. Agar setiap perguruan tinggi memiliki keleluasaan dalam menyusun kurikulumnya maka konten minimum tidak diungkapkan dalam daftar mata kuliah wajib berikut bobot sks-nya namun hanya diungkapkan dalam bentuk susunan atau daftar topik-topik rinci yang wajib masuk dalam kurikulum program studi ditambah hal-hal lain yang berkaitan dengan aspek Keterampilan Khusus dan Keterampilan Umum dari KKNi.

Pengembangan dan penyusunan kurikulum tentunya wajib mengacu visi, misi, tujuan, dan strategi dari pengelola program studi (jurusan/departemen fisika/fakultas). Artinya, pengelola program studi fisika memiliki kesempatan atau keleluasaan untuk menyelenggarakan program studi dengan keunggulan spesifik yang diinginkan. Namun demikian, keleluasaan tersebut harus tetap memenuhi standar minimum ini.

2a. Capaian Pembelajaran dan interpretasi KKNi Program Sarjana Fisika

Capaian pembelajaran jenjang 6 KKNi untuk program sarjana fisika yang menjadi acuan dalam penyusunan konten minimum kurikulum program studi fisika terdiri atas uraian-uraian KKNi yang singkat. Oleh karena itu interpretasi terhadap uraian-uraian KKNi tersebut perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum penyusunan gambaran umum konten minimum kurikulum dilakukan. Pada tabel berikut, setiap uraian KKNi (kolom 2) diinterpretasikan kontennya (kolom 3) dan atas dasar interpretasi tersebut diungkapkan gambaran umum konten minimum kurikulum program studi (kolom 4).

Tabel 1			
No	Uraian KKNi	Interpretasi butir-butir KKNi	Gambaran Umum Konten Minimum Kurikulum Program Studi Sarjana Fisika
1	2	3	4
1	Sikap		
a.	Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius	Sikap ini bersifat nasional, berlaku untuk semua mahasiswa dari program studi apapun dan pada jenjang manapun. Pemantapan sikap dapat dilakukan melalui mata kuliah wajib nasional, kegiatan ekstrakurikuler, dan (khusus untuk mahasiswa fisika) mata kuliah-	Mata kuliah wajib nasional selain Bahasa Indonesia dan mata kuliah wajib program studi

b.	Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral, dan etika	mata kuliah yang mengungkapkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa	
c.	Berkontribusi dalam peningkatan mutu kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan kemajuan peradaban berdasarkan Pancasila	Sikap ini bersifat nasional, berlaku untuk semua mahasiswa dari program studi apapun dan pada jenjang manapun. Pemantapan sikap dapat dilakukan melalui mata kuliah wajib nasional dan kegiatan ekstrakurikuler. Kemajuan peradaban bangsa ditunjukkan dengan penguasaan ilmu dan teknologi mutakhir. Dukungan pada kemajuan peradaban bangsa diberikan melalui pemahaman konsep-konsep dan prinsip-prinsip dasar ilmu fisika yang merupakan fondasi dari teknologi.	Mata kuliah wajib nasional dan mata kuliah-mata kuliah program studi
d.	Berperan sebagai warga negara yang bangga dan cinta tanah air, memiliki nasionalisme serta rasa tanggung jawab pada negara dan bangsa	Sikap ini bersifat nasional, berlaku untuk semua mahasiswa dari program studi apapun dan pada jenjang manapun. Pemantapan sikap dapat dilakukan melalui mata kuliah wajib nasional dan kegiatan ekstrakurikuler.	Mata kuliah wajib nasional
e.	Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, agama, dan kepercayaan, serta pendapat atau temuan orisinal orang lain	Sikap ini bersifat nasional, berlaku untuk semua mahasiswa dari program studi apapun dan pada jenjang manapun. Pemantapan sikap dapat dilakukan melalui mata kuliah wajib nasional dan kegiatan ekstrakurikuler serta kegiatan belajar meneliti	Mata kuliah wajib nasional dan mata kuliah Tugas Akhir
f.	Bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan	Sikap ini bersifat nasional, berlaku untuk semua mahasiswa dari program studi apapun dan pada jenjang manapun. Pemantapan sikap dapat dilakukan melalui mata kuliah wajib nasional dan kegiatan ekstrakurikuler serta mata kuliah yang menyelenggarakan kegiatan berkelompok.	Mata kuliah wajib nasional, praktikum, dan mata kuliah yang menyelenggarakan asesmen berkelompok.
g.	Taat hukum dan disiplin dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara	Sikap ini bersifat nasional, berlaku untuk semua mahasiswa dari program studi apapun dan pada jenjang manapun. Pemantapan sikap dapat dilakukan melalui mata kuliah wajib nasional.	Mata kuliah wajib nasional

h.	Menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik	Kejujuran, keterbukaan, obyektivitas, kemauan untuk belajar dan berkembang serta saling menghormati dan tidak berlaku diskriminatif, bertanggung jawab, dll dapat dibangun melalui berbagai kegiatan seperti praktikum, asesmen, dll.	Semua mata kuliah
i.	Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri		
j.	Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan	Semangan kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan dapat dibangun di antaranya melalui pengembangan keterampilan pribadi dan profesional, menjaga kesehatan fisik dan mental, peningkatan penguasaan emosi, serta belajar disiplin terhadap jadwal.	Semua mata kuliah
2	Penguasaan Pengetahuan		
a.	Menguasai konsep teoritis dan prinsip-prinsip pokok fisika klasik dan kuantum	Mengacu pada teori fisika maka penguasaan konsep dan prinsip tersebut mencakup penguasaan konsep dan prinsip pada bidang-bidang: mekanika klasik, listrik-magnet, termodinamika, dan fisika modern/kuantum. Dengan demikian mata kuliah-mata kuliah wajib pada kurikulum harus mencakup topik-topik pokok pada bidang-bidang di atas.	Mata kuliah-mata kuliah wajib dengan topik-topik atau silabus terdapat pada Tabel 2.
b.	Menguasai metode-metode matematika, komputasi dan instrumentasi dalam fisika	Prinsip dan konsep yang dipilih harus yang mendukung pemahaman konsep dan prinsip fisika yang terdapat dalam topik-topik fisika di atas. Untuk meningkatkan motivasi belajar mahasiswa, pembahasan prinsip dan konsep perlu disertai penjelasan atau contoh aplikasinya. Prinsip dan konsep tersebut juga harus mendukung pemahaman teknologi digital seperti <i>internet of things</i> , <i>artificial intelligent</i> dan <i>big data mining</i> .	Mata kuliah-mata kuliah "tools" wajib dengan topik-topik atau silabus terdapat pada Tabel 2.

c.	Menguasai pengetahuan tentang teknologi yang berdasarkan fisika dan penerapannya.	Banyak topik-topik yang telah diungkapkan dalam bagian a menjadi dasar bagi berbagai jenis teknologi. Namun demikian agar mahasiswa menyadari hal tersebut maka mahasiswa perlu mendapatkan pengetahuan tentang beberapa jenis teknologi. Ini bisa dilakukan dengan memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengembangkan diri pada salah satu dari beberapa bidang keahlian fisika yang dikembangkan di perguruan tinggi karena umumnya bidang-bidang keahlian tersebut berkaitan erat dengan teknologi. Tingkat keaktifan sdm (dosen) yang dimiliki perguruan tinggi dalam kegiatan riset akan menggambarkan tingkat perolehan pengetahuan mahasiswa dalam bidang riset yang sesuai.	Mata kuliah-mata kuliah pilihan dengan materi disesuaikan dengan bidang-bidang keahlian yang dikembangkan perguruan tinggi yang bersangkutan
----	---	---	--

3	Keterampilan Khusus		
a.	Mampu merumuskan gejala dan masalah fisis melalui analisis berdasarkan hasil observasi dan eksperimen;	Kemampuan ini dapat dikembangkan dengan memberikan pengalaman mengolah dan menganalisis data hasil observasi dan eksperimen. Dengan demikian kurikulum perlu memasukkan kegiatan praktikum. Praktikum yang baik selain memberikan pengalaman dan kemampuan mengukur besaran-besaran fisis juga memberikan pengalaman mengolah dan menganalisis data hasil pengukuran atau observasi. Besaran-besaran fisis yang diukur secara langsung atau tidak langsung harus mencakup besaran-besaran fisis dalam fisika klasik maupun dalam fisika modern. Penguasaan perangkat "tools" seperti elektronika dan komputasi perlu dilengkapi dengan pengalaman kerja motorik melalui praktikum dan atau tugas/praktik lainnya.	Praktikum dengan modul-modul fisika klasik dan fisika modern.
b.	Mampu menerapkan model matematis atau model fisis yang sesuai dengan hipotesis atau prakiraan dampak dari fenomena yang menjadi	Kemampuan ini dapat dikembangkan selain melalui pemahaman konsep-konsep fisika yang sesuai juga melalui tugas-tugas yang sifatnya <i>open-ended</i> , termasuk tugas akhir dalam bentuk analitik, numerik, dan komputasi	Tugas akhir, praktikum dan tugas-tugas pada sejumlah mata kuliah yang sifatnya <i>open-ended</i> .

	subyek pembahasan;		
c.	Mampu menganalisis berbagai solusi alternatif yang ada terhadap permasalahan fisis dan menyimpulkannya untuk pengambilan keputusan yang tepat;	Kemampuan ini dapat dikembangkan selain melalui pemahaman konsep-konsep fisika secara komprehensif juga melalui metode-metode yang diungkapkan pada butir b di atas, serta melalui telaah pustaka dan melalui optimasi.	Tugas akhir, praktikum dan tugas-tugas pada sejumlah mata kuliah yang sifatnya <i>open-ended</i> , tugas telaah pustaka pada sejumlah mata kuliah, dan tugas yang sifatnya pengambilan keputusan terhadap sejumlah alternatif solusi yang mungkin (optimasi).
d.	Mampu memprediksi potensi penerapan perilaku fisis dalam teknologi;	Kemampuan ini dapat dikembangkan melalui cara atau metode pada butir c.	Sda
e.	Mampu mendiseminasikan hasil kajian masalah dan perilaku fisis dari gejala sederhana dalam bentuk laporan atau kertas kerja sesuai kaidah ilmiah baku.	Kemampuan ini dapat dikembangkan melalui pemberian pengalaman membuat laporan tertulis yang sesuai dengan kaidah ilmiah baku dan mempresentasikannya. Untuk itu maka kurikulum perlu mensyaratkan bahwa praktikum harus dilengkapi dengan pembuatan laporan tertulis, hasil riset tugas akhir harus dituliskan dalam bentuk buku skripsi (akan diperoleh nilai lebih jika hasil riset tugas akhir juga dituliskan dalam tulisan berbentuk seperti makalah pada jurnal ilmiah), serta adanya tugas-tugas pada sejumlah mata kuliah yang dapat meningkatkan kemampuan tersebut.	Tugas akhir diakhiri dengan laporan tertulis hasil riset tugas akhir sesuai kaidah ilmiah baku. Persyaratan adanya tugas-tugas pada beberapa mata kuliah yang berupa pembuatan karya tulis
4	Keterampilan Umum		
a.	Menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan/atau teknologi sesuai	Kemampuan tersebut dapat diperoleh melalui penguasaan topik-topik wajib dan topik-topik dalam sub-subbidang fisika spesifik ditambah dengan pemberian pengalaman <i>problem solving</i> yang bersifat <i>open-ended</i> . Dengan demikian kurikulum perlu memunculkan, selain kuliah-kuliah wajib, kuliah-kuliah pilihan untuk pengembangan bidang-bidang keahlian spesifik, riset tugas akhir, dan tugas-tugas kuliah atau praktikum yang sifatnya <i>open-ended</i> .	Kuliah-kuliah pilihan untuk bidang-bidang keahlian spesifik dan tugas akhir. Tugas-tugas yang bersifat <i>open-ended</i> pada beberapa mata kuliah.

	dengan bidang keahliannya:		
b.	Mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan, teknologi atau seni sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara dan etika ilmiah untuk menghasilkan solusi, gagasan, desain, atau kritik seni serta menyusun deskripsi saintifik hasil kajiannya dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir;	Kemampuan ini juga dapat dibangun dengan cara seperti pada butir a di atas. Dengan demikian isi kurikulum yang mendukung kemampuan ini sama dengan isi kurikulum pada butir a di atas ditambah dengan keharusan melaporkan hasil riset tugas akhir dalam bentuk laporan tertulis berdasarkan kaidah ilmiah baku.	Riset tugas akhir dan keharusan membuat laporan hasil riset tugas akhir dalam format tulisan ilmiah baku
c.	Mengambil keputusan secara tepat dalam konteks penyelesaian masalah di bidang keahliannya, berdasarkan hasil analisis terhadap informasi dan data;	Kemampuan ini dapat diperoleh dengan pemberian kegiatan yang mengharuskan mahasiswa mengambil suatu kesimpulan atau keputusan. Riset tugas akhir dan tugas-tugas yang bersifat <i>open-ended</i> dapat membangun kemampuan tersebut.	Riset tugas akhir dan keharusan membuat laporan hasil riset tugas akhir dalam format tulisan ilmiah baku. Tugas lain yang sifatnya <i>open-ended</i>
d.	Mengelola pembelajaran secara mandiri;	Kemampuan ini dapat diperoleh melalui kegiatan riset tugas akhir dan tugas-tugas kuliah yang didesain untuk meningkatkan kemandirian.	Tugas akhir dan tugas-tugas mata kuliah
e.	Mengembangkan dan memelihara jaringan kerja dengan pembimbing, kolega, sejawat baik di dalam maupun di luar lembaganya.	Kemampuan bekerjasama dapat diberikan melalui riset tugas akhir (kerjasama dosen-mahasiswa, antar mahasiswa sepembimbing) tugas-tugas kelompok, praktikum, dan lain-lain. Kurikulum perlu memuat kegiatan-kegiatan tersebut	Tugas akhir. Tugas-tugas kelompok yang melibatkan lebih dari satu mahasiswa

2b. Uraian Capaian Pembelajaran ke Silabus Mata Kuliah Wajib Program Sarjana Fisika

Capaian pembelajaran program sarjana fisika menurut jenjang 6 KKNi diterjemahkan dalam bentuk silabus melalui Gambaran Umum Konten Minimum Kurikulum Program Studi Fisika yang terdapat pada kolom paling kanan Tabel 1 di atas. Gambaran umum tersebut menjadi dasar bagi Silabus dalam Tabel 2 di bawah ini. Diharapkan silabus ini menjadi acuan bagi pengelola program studi sarjana fisika dalam menyusun kurikulum. Perlu dicatat bahwa program studi bebas menentukan nama mata kuliah dan beban satuan kredit semester (SKS). Sebagai contoh, materi Teori Kuantum pada Tabel 2 tidak harus secara keseluruhan menjadi sebuah mata kuliah. Program studi dapat meletakkan sebagian materi ke dalam mata kuliah Fisika Modern dan sebagian dalam mata kuliah Fisika Kuantum, misalnya. Beban SKS tentunya disesuaikan dengan materi yang ditetapkan. Program studi juga dipersilahkan menentukan buku-buku referensi yang memuat topik-topik dalam Tabel 2.

Tabel 2		
No	Capaian Pembelajaran Level 6 Sains Fisika	Silabus Kuliah Wajib
1	2	3
1	Sikap	
	Capaian a-j	Mata kuliah wajib nasional dan semua mata kuliah
2	Penguasaan Pengetahuan	
a	Menguasai konsep-konsep teoretis dan prinsip-prinsip pokok fisika klasik dan fisika modern	<p>Mekanika Newton untuk partikel tunggal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Besaran-besaran dasar gerak: kerangka acuan, posisi, perpindahan, jarak tempuh (panjang lintasan), kelajuan (rata-rata dan sesaat), kecepatan linear (rata-rata dan sesaat), percepatan linear (rata-rata dan sesaat), kecepatan sudut (rata-rata dan sesaat), dan percepatan sudut (rata-rata dan sesaat) • Jenis-jenis gerak: gerak pada garis lurus, gerak pada bidang, gerak dalam ruang, gerak relatif (posisi dan kecepatan relatif) • Analisis gerak sebuah partikel dalam koordinat lengkung (polar, bola, silinder) • Hukum Newton tentang gerak: Ruang dan waktu (konsep ruang waktu Galileo), hukum Newton tentang gerak, kerangka acuan inersia dan non inersia, massa inersia dan massa gravitasi, gaya dan momentum, torka dan momentum sudut (terhadap pusat koordinat dan titik lain), dan hukum Newton untuk gerak rotasi • Penerapan hukum Newton tentang gerak: keseimbangan gaya, gaya bergantung pada waktu (misal: gaya impuls), gaya bergantung pada posisi (misal: gaya pemulih, gaya gravitasi Newton), gaya bergantung pada kecepatan (misal: gaya Stokes, <i>drag force</i>), dan kombinasinya (misal: kombinasi antara gaya pegas dan gaya gesek) • Konsep kerja dan energi, teorema kerja-energi kinetik, gaya konservatif dan energi potensial, hukum kekekalan/kelestarian/konservasi energi, dan penerapannya

		<ul style="list-style-type: none"> • Hukum Newton tentang gravitasi: gravitasi pada sistem benda titik dan benda kontinu, energi potensial gravitasi • Getaran linear: benda pada pegas, gerak harmonik sederhana, getaran teredam, getaran terpaksa, getaran tersambung
		<p>Mekanika sistem banyak partikel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerak sistem banyak partikel: momentum linear dan momentum sudut untuk sistem, kekekalan/kelestarian/konservasi momentum linear dan momentum sudut, gerak pusat massa, gaya total dan torka total, energi kinetik sistem, kerangka pusat massa. • Contoh-contoh: gerak roket, teori tumbukan (benturan), analisis tumbukan menggunakan kerangka pusat massa, masalah (sistem) dua benda (hamburan dan sistem terikat). • Gerak benda tegar: <ul style="list-style-type: none"> • Rotasi murni (rotasi benda tegar dengan sumbu tetap): momen inersia, energi kinetik, aplikasi hukum II Newton untuk gerak rotasi, hukum kekekalan/kelestarian/konservasi momentum sudut • Gerak campuran (rotasi dan translasi benda tegar): momentum sudut, energi kinetik, tensor inersia, hukum kekekalan/kelestarian/konservasi momentum sudut, contoh rotasi campuran: gerak planar (misal: gerak menggelinding), gerak giroskop (gasing, dll) • Kerangka acuan tak inersial: Kerangka acuan dipercepat dan gaya inersial (gaya semu/fiktif), kerangka acuan berotasi (percepatan sentrifugal dan percepatan Coriolis), dinamika partikel dalam kerangka acuan berotasi, dampak-dampak rotasi Bumi (bandul Foucault, angin pasat, perubahan iklim) • Perumusan Lagrange dan perumusan Hamilton: kendala, sistem koordinat umum, ruang fase kecepatan dan momentum, prinsip Hamilton dan persamaan Euler-Lagrange, fungsi Lagrange dan fungsi energi, momentum umum, persamaan Hamilton. • Gerak dalam medan gaya terpusat: hukum Kepler, persamaan irisan kerucut dalam koordinat polar, gaya terpusat dan kekekalan momentum sudut, penurunan persamaan gerak benda dalam potensial terpusat, pencarian solusi persamaan gerak untuk potensial Kepler ($-K/r$), energi potensial medan gravitasi • Gelombang: getaran selaras, superposisi getaran, gelombang bidang, gelombang selaras, persamaan gelombang dan penyelesaiannya, superposisi gelombang (interferensi dan difraksi), energetika gelombang, refleksi dan refraksi, gelombang stasioner, disperse; Gelombang mekanik: gelombang bunyi dalam padatan, cairan, dan gas gelombang bola dan silinder, gelombang elektromagnetik (pengantar), gelombang multidimensi, impedansi medium, kaitan

		<p>dispersi, perambatan di perbatasan medium efek Doppler.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teori Relativitas: Ruang dan waktu (konsep ruang waktu Einstein), pengertian kerangka acuan inersial, postulat-postulat relativitas khusus, transformasi Lorentz, gejala-gejala relativitas khusus: kontraksi panjang, dilatasi waktu, paradoks kembar, relativitas khusus dan elektrodinamika, perumusan kovarian, pengenalan relativitas umum (prinsip-prinsip ekuivalensi beserta dampaknya secara kualitatif) • Konsep fluida, penggambaran Euler dan penggambaran Lagrange, konsep partikel dalam fluida, garis alir, garis lintasan, dan <i>streakline</i>, persamaan kontinuitas fluida tak termampatkan. • Fluida Ideal: persamaan Euler, persamaan Bernoulli, tekanan hidrostatis, rapat aliran energi, rapat aliran momentum, hukum konservasi sirkulasi, aliran potensial, gaya hambat (<i>drag force</i>). • Fluida Kental (Viskos): persamaan Navier-Stokes, disipasi energi dan fluida tak termampatkan, gaya Stokes, aliran fluida kental dalam pipa, bilangan Reynold, persamaan dinamika dalam berbagai koordinat lengkung.
		<p>Termodinamika:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hukum ke nol termodinamika, konsep temperatur, sistem termodinamika, besaran, fase dan perubahan fase (padat, cair, dan gas) • Gas ideal: persamaan keadaan, kalor dan kapasitas kalor, kalor jenis, persamaan keadaan gas tak ideal • Hukum pertama termodinamika • Hukum kedua termodinamika: entropi, prinsip entropi maksimum, proses Carnot • Entropi dan energi sebagai potensial termodinamik, transformasi Legendre, energi bebas, entalpi • Relasi Maxwell • Ruang fase, fungsi distribusi dan probabilitas, <i>macrostates</i>, <i>microstates</i>, statistik partikel-partikel (Bose-Einstein, Fermi-Dirac, Maxwell-Boltzmann), definisi entropi secara statistik, teori <i>ensemble</i> dan <i>ensemble</i> mikrokanonis, <i>ensemble</i> kanonis • Teori kinetik gas ideal, tekanan, kerja, dan potensial kimia
		<p>Elektromagnetisme:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dasar eksperimen hukum Coulomb, hukum Coulomb • Medan listrik statis oleh partikel titik, medan listrik statis oleh distribusi muatan diskrit, kontinu, dan dipol listrik, garis-garis gaya listrik dan fluks listrik, hukum Gauss • Kerja dan energi potensial listrik, potensial listrik, ekspansi multipol, persamaan Poisson dan persamaan Laplace, persoalan syarat batas • Konduktor, isolator, dan semikonduktor • Kapasitor, kapasitansi, dan bahan dielektrik • Elektrostatis dalam bahan

		<ul style="list-style-type: none"> • Arus listrik dan rapat arus listrik, persamaan kontinuitas, • Dasar-dasar eksperimen magnet statis, induksi magnetik, gerak partikel bermuatan dalam medan magnet, persamaan medan magnet stasioner, potensial vektor, hukum Faraday, dipol magnet, dan medan yang dihasilkannya, • Kemagnetan bahan, permeabilitas, magnetisasi, suseptibilitas, • Persamaan Maxwell, Gelombang Elektromagnetik, • Perumusan kovarian persamaan Maxwell, • Optika fisis, Optika geometris, Alat-alat optis, • Polarisasi gelombang elektromagnetik, perambatan cahaya dalam medium dan antar medium, prinsip Fermat, efek ketidakisotropian medium
		<p>Teori kuantum:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Radiasi benda hitam, percobaan efek fotolistrik, efek Compton, difraksi elektron (percobaan Davisson-Germer), model atom Bohr, produksi pasangan, dualisme gelombang-partikel, hipotesis de Broglie, ketidakpastian Heisenberg, • Mekanika gelombang: persamaan Schrodinger, interpretasi fungsi gelombang, normalisasi gelombang, nilai eigen, fungsi eigen, degenerasi, operator dan nilai ekspektasi • Solusi persamaan Schroedinger: partikel bebas, potensial tangga, sumur potensial, efek terobosan, osilator harmonik sederhana, atom hidrogen, momentum sudut • Teori gangguan bebas waktu: kasus non-degenerasi, kasus degenerasi, struktur halus atom H, efek Zeeman • Metode pendekatan: teori gangguan (bergantung waktu: sistem dua keadaan, emisi dan absorpsi), pendekatan WKB • Pengenalan mekanika kuantum relativistik: pengenalan adanya mekanika kuantum yang memenuhi kaidah teori relativitas khusus Einstein
		<p>Struktur Materi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Struktur kristal: simetri dan struktur kristal, difraksi kisi kristal, ikatan atomik dalam kristal • Dinamika kisi kristal: getaran dalam zat padat, kapasitas panas zat padat, getaran kisi • Model elektron bebas: model elektron bebas klasik, model elektron bebas terkuantisasi, perilaku elektron dalam logam, keberatan terhadap model elektron bebas • Teori pita energi: teori pita energi, metode LCAO, dinamika elektron dalam logam • Semikonduktor: klasifikasi semikonduktor berdasarkan golongan dalam sistem periodik unsur, semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik

		<ul style="list-style-type: none"> • Bahan dielektrik: pandangan makroskopis dan mikroskopis, gejala dielektrik, dan bahan magnetik: suseptibilitas magnetik, gejala magnetik. • Struktur dan sifat-sifat inti atom: susunan inti, ukuran dan bentuk inti atom, momentum sudut dan momen magnet inti, gaya nuklir (interaksi antar nukleon dalam inti atom), kestabilan inti atom, energi ikat nuklir, rumus semi empirik Weiszaecker. • Model inti: model kulit, model tetes cairan • Radioaktivitas: besaran-besaran dasar radioaktivitas, peluruhan beruntun, keseimbangan radioaktif, radioaktivitas buatan. • Jenis-jenis radiasi nuklir: peluruhan alpha, peluruhan beta, peluruhan gamma. • Reaksi nuklir: klasifikasi reaksi nuklir, mekanisme reaksi nuklir, kinematika reaksi nuklir, parameter reaksi nuklir. • Model standar partikel elementer: baryon, meson, lepton, quark
b	Menguasai metode-metode matematika, komputasi dan instrumentasi dalam fisika	
		<p>Metode Matematika:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deret: deret tak hingga, deret pangkat, tes konvergensi dan wilayah konvergensi deret, ekspansi fungsi ke dalam deret pangkat, deret Fourier; • Aljabar dan fungsi kompleks, fungsi analitik, integral lintasan, deret Laurent, teknik residu, pemetaan konformal; • Persamaan diferensial biasa (PDB): solusi PDB (pemisahan variabel, ekspansi deret PD Bessel dan PD Legendre), PD nonhomogen, solusi PD dengan deret, metode Frobenius • Persamaan diferensial parsial (PDP): persamaan gelombang, persamaan Laplace dan Poisson, persamaan perambatan kalor dan difusi, solusi menggunakan metode pemisahan variabel • Transformasi integral: transformasi Laplace, transformasi Fourier, konvolusi, Fungsi Green, solusi PD dengan transformasi; persamaan integral. • Sistem persamaan linear, matriks, determinan; penjumlahan dan perkalian vektor, transformasi linear, transformasi ortogonal, masalah nilai eigen, diagonalisasi; • Kalkulus vektor: medan skalar, medan vektor, gradien, divergensi, rotasi, teorema Green, teorema Gauss, teorema Stokes • Sistem koordinat: transformasi koordinat, koordinat lengkung, tensor Cartesian, tensor sferis. • Fungsi gamma, fungsi beta, fungsi error, integral eliptik, fungsi ortogonal, fungsi Bessel, fungsi Legendre, relasi rekursi, deret Legendre, fungsi Hermitte, fungsi Laguerre;

		<ul style="list-style-type: none"> • Kalkulus variasi: persamaan Euler, persamaan Lagrange; • Definisi probabilitas, ruang sampel, metode penghitungan, peubah acak, distribusi kontinu, distribusi binomial, distribusi normal (Gauss), distribusi Poisson.
		<p>Metode komputasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisis error akibat pembulatan dan pemotongan dalam penyimpanan dan pengolahan data. • Pengenalan karakter bilangan desimal, biner, dan <i>floating-point</i>. • Menghitung akar persamaan polinomial: metode Bracket (Bisection, regulafalsi, Interpolasi), metode <i>open</i> (Newton, secant, interpolasi, inversi interpolasi, Brent). • Matriks (operasi dasar, persamaan linear, transformasi, tridiagonal, identitas, inversi, dekomposisi LU), • Penyelesaian persamaan linear: Gauss-Seidel, Gauss-Jordan, metode pencocokan kurva (linear, polinomial, eksponensial), interpolasi dan ekstrapolasi • Solusi persamaan diferensial: metode Euler dan Runge-Kutta • Persamaan beda hingga: persamaan eliptik dan parabolik, persoalan syarat batas dan nilai eigen, • Integrasi numerik: kotak, trapezoid, Romberg, integral Newton-Cotes (Simpson's, Simpson's 3/8th, Boole's), dan Gaussian • Metode elemen hingga Fast Fourier Transform (FFT). • Iterasi aljabar linear: dekomposisi matrik LU, Eigenvalues, Norms, metode Jacobi, Gauss-Seidel. • Membuat program mencari akar persamaan, Optimisasi, persamaan beda hingga • Pemrograman visual grafis dan animasi hasil perhitungan.
		<p>Instrumentasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rangkaian DC, sumber arus, sumber tegangan • Rangkaian setara Thevenin, Rangkaian setara Norton • Rangkaian AC • Semikonduktor, sambungan PN, diode, penyearah gelombang, catu daya dc, diode Zener, Transistor Bipolar, karakteristik transistor, garis beban AC dan DC, transistor sebagai penguat tegangan kecil, Transistor Efek Medan (FET), JFET, MOSFET, saklar transistor, multivibrator, bistabil, astabil, monostabil • Filter: filter pasif, respon amplitudo, respon fasa, plot Bode, tapis lolos rendah, tapis lolos tinggi • Penguat inverting, penguat non-inverting, penguat jumlah, penguat arus, penguat daya, penentuan efisiensi suatu penguat, penguat instrumentasi • Teori rangkaian digital: AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR. • Alat ukur dasar: pengukur arus, tegangan, hambatan. • Catu daya teregulasi, switching power supply

		<ul style="list-style-type: none"> • Piranti masukan: sensor, jenis-jenis sensor: sensor temperatur, sensor besaran-besaran mekanik, sensor optik, sensor magnetik, dan sensor-sensor lainnya • Pengolahsinyal sederhana: pra pengolah sinyal, penguat sinyal, pengubah analog ke digital, dasar mikroprosesor, peningkat S/N ratio • Piranti keluaran: prinsip kerja piranti keluaran misalkan memori, display, dan printer
c	Menguasai pengetahuan tentang teknologi yang berdasarkan fisika dan penerapannya.	
		<ul style="list-style-type: none"> • Sejumlah konsep/prinsip/materi dalam butir a mendukung pengembangan teknologi, antara lain Elektromagnetika: teknologi ICT (termasuk AI dan big data), Instrumentasi, geofisika, pertambangan, teknologi akustik dan optik, teknologi komunikasi, teknologi transportasi, dll.; Mekanika: teknologi bangunan, teknologi perkapalan, teknologi penerbangan, teknologi transportasi, dll.; Radiasi dan radioaktivitas: teknologi nuklir, teknologi kesehatan, bioteknologi, dll.; Teori kuantum: teknologi material, teknologi transportasi, dll.; Teori relativitas: teknologi komunikasi, navigasi, penginderaan jarak jauh, dll.; Termodinamika: teknologi mesin, teknologi transportasi, dll. • Materi-materi spesifik dan lanjut dalam sejumlah bidang penelitian yang dikembangkan jurusan/departemen/fakultas yang menjalankan program studi. Bagian ini menggambarkan kekhasan program studi sarjana fisika di suatu universitas dibandingkan program studi sarjana fisika di universitas-universitas yang lain.
3	Keterampilan Khusus	
a.	Mampu merumuskan gejala dan masalah fisis melalui analisis berdasarkan hasil observasi dan eksperimen;	Praktikum yang mencakup konsep klasik dan kuantum, dengan memberikan terlebih dahulu metode eksperimen (pengukuran, pengolahan data, analisis data)
b.	Mampu menghasilkan model matematis atau model fisis yang sesuai dengan hipotesis atau prakiraan dampak dari fenomena yang menjadi subyek pembahasan;	Konsep-konsep fisika yang sesuai.
c.	Mampu menganalisis berbagai solusi alternatif yang ada terhadap permasalahan fisis dan menyimpulkannya untuk pengambilan keputusan yang tepat;	Konsep-konsep fisika secara komprehensif dengan melakukan metode numerik dan analitik, komputasi, optimasi, konsep fisika, menelaah pustaka.

d	Mampu memprediksi potensi penerapan perilaku fisis dalam teknologi;	Konsep-konsep fisika secara komprehensif dan menelaah pustaka.
e	Mampu mendiseminasikan hasil kajian masalah dan perilaku fisis dari gejala sederhana dalam bentuk laporan atau kertas kerja sesuai kaidah ilmiah baku.	Memberikan kemampuan untuk membuat laporan tertulis (laporan praktikum, makalah, skripsi) dengan format sesuai kaidah penulisan ilmiah yang baku dan mempresentasikannya
4	Keterampilan Umum	
a	Menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan/atau teknologi sesuai dengan bidang keahliannya;	Kuliah, praktikum yang bersifat <i>open-ended</i> , riset tugas akhir: Konsep-konsep fisika secara komprehensif; konsep-konsep pada bidang keahlian spesifik (bidang fisika material, fisika bumi, fisika instrumentasi dll)
b	Mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan, teknologi atau seni sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara dan etika ilmiah untuk menghasilkan solusi, gagasan, desain, atau kritik seni serta menyusun deskripsi saintifik hasil kajiannya dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir;	Kegiatan riset tugas akhir; membuat laporan tugas akhir Konsep-konsep fisika secara komprehensif; konsep-konsep pada bidang keahlian spesifik (bidang fisika material, fisika bumi, fisika instrumentasi, dll)
c	Mengambil keputusan secara tepat dalam konteks penyelesaian masalah di bidang keahliannya, berdasarkan hasil analisis terhadap informasi dan data;	Kegiatan riset tugas akhir, analisis terhadap data yang diperoleh dengan memasukkan konsep-konsep fisika secara komprehensif
d	Mengelola pembelajaran secara mandiri;	Kegiatan riset tugas akhir; tugas-tugas kuliah yang didesain untuk meningkatkan kemandirian
e	Mengembangkan dan memelihara jaringan kerja dengan pembimbing, kolega, sejawat baik di dalam maupun di luar lembaganya.	Kegiatan riset dalam kelompok dan menjadi bagian dari kelompok riset

Beberapa catatan tentang topik-topik dalam silabus di atas.

1. Pengenalan teori relativitas umum: Topik ini dimasukkan di sini hanya untuk menginformasikan (memberikan kesadaran) bahwa selain teori gravitasi Newton terdapat teori gravitasi Einstein yang mengungkapkan gejala gravitasi secara berbeda. Fenomena yang tidak dapat dijelaskan melalui teori gravitasi Newton (seperti orbit Merkurius yang berpresisi) ternyata dapat dijelaskan oleh teori gravitasi Einstein.

2. Teori kuantum relativistik: seperti pada topik pengenalan teori relativitas umum, topik ini dimasukkan dalam silabus minimum ini hanya untuk menginformasikan (memberikan penyadaran) bahwa teori kuantum yang dipelajari belum memasukkan konsep teori relativitas khusus Einstein. Teori kuantum relativistik adalah teori kuantum yang memasukkan konsep teori relativitas khusus Einstein. Melalui topik ini mahasiswa menyadari bahwa 3teori kuantum yang dipelajari sebelumnya bukanlah teori yang sudah tuntas. Mahasiswa tidak perlu diberikan materi untuk topik ini kecuali menyampaikan misalnya bahwa persamaan keadaan dalam teori kuantum standar, yaitu persamaan Schrodinger, tidak memenuhi konsep teori relativitas khusus sehingga perlu diganti dengan persamaan lain, yaitu persamaan Dirac untuk partikel berspin- $\frac{1}{2}$ dan persamaan Klein-Gordon untuk partikel berspin-0).
3. *Open-ended*: bergantung pada konteksnya, *open-ended* bermakna adanya alternatif jawaban/langkah penyelesaian tugas.

3a. Capaian Pembelajaran dan interpretasi KKNi Program Magister Fisika

Capaian pembelajaran jenjang 8 KKNi untuk program magister fisika yang menjadi acuan dalam penyusunan konten minimum kurikulum program studi fisika terdiri atas uraian-uraian KKNi yang singkat. Oleh karena itu interpretasi terhadap uraian-uraian KKNi tersebut perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum penyusunan gambaran umum konten minimum kurikulum dilakukan. Pada Tabel 3 berikut, setiap uraian KKNi (kolom 2) diinterpretasikan kontennya (kolom 3) dan atas dasar interpretasi tersebut diungkapkan gambaran umum konten minimum kurikulum program studi (kolom 4).

No	Uraian KKNi	Interpretasi butir-butir KKNi	Gambaran Umum Konten minimum Kurikulum Program Studi Magister Fisika
1	2	3	4
1	Sikap		
a.	Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius	Mahasiswa yang terdaftar dalam program magister telah lulus dari program sarjana sehingga setiap mahasiswa program magister memiliki sepuluh sikap ini. Mata kuliah-mata kuliah dan kegiatan akademik dalam program magister akan memperkuat sikap ini.	Semua mata kuliah
b.	Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral, dan etika		
c.	Berkontribusi dalam peningkatan mutu kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan kemajuan peradaban berdasarkan Pancasila		
d.	Berperan sebagai warga negara yang bangga dan cinta tanah air, memiliki nasionalisme serta rasa tanggungjawab pada negara dan bangsa		

e.	Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, agama, dan kepercayaan, serta pendapat atau temuan orisinal orang lain		
f.	Bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan		
g.	Taat hukum dan disiplin dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara		
h.	Menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik		
i.	Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri		
j.	Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan		
2	Penguasaan Pengetahuan		
a.	Menguasai teori fisika klasik dan modern lanjut	Mengacu pada teori fisika maka penguasaan konsep dan prinsip tersebut mencakup penguasaan konsep dan prinsip pada bidang-bidang: mekanika klasik, listrik-magnet, termodinamika, dan fisika modern/ kuantum. Dengan demikian mata kuliah-mata kuliah wajib pada kurikulum harus mencakup topik-topik pokok pada bidang-bidang di atas dan merupakan kelanjutan dari materi yang dibahas di program sarjana fisika.	Mata kuliah-mata kuliah wajib dengan topik-topik atau silabus terdapat pada Tabel 4.
b.	Menguasai metode fisika untuk aplikasi iptek.	Penguasaan topik-topik yang berkaitan dengan bidang-bidang keahlian fisika	Mata kuliah-mata kuliah yang berkaitan dengan topik-topik peminatan khusus.

2	Keterampilan Khusus		
a	Mampu mengembangkan IPTEKS terkait gejala dan masalah fisis melalui analisis dan sintesis hasil riset.	Penguasaan topik-topik yang berkaitan dengan bidang-bidang keahlian fisika. Kemampuan berkerja sama dalam riset	Mata kuliah-mata kuliah yang berkaitan dengan topik-topik peminatan khusus dan tesis.
b	mampu mengembangkan model matematis dan atau model fisis dengan pendekatan inter- atau multidisiplin untuk memecahkan masalah IPTEKS terkait dengan fisika.	Penguasaan topik-topik yang berkaitan dengan bidang-bidang keahlian fisika, mencakup di dalamnya kemampuan melakukan pemodelan.	Mata kuliah-mata kuliah yang berkaitan dengan topik-topik peminatan khusus dan tesis.
c	Mampu mengelola riset dan mengembangkan keilmuan fisika atau fisika terapan untuk menghasilkan model/metode/teori yang teruji dan inovatif, serta mempublikasikannya pada forum atau jurnal ilmiah pada tingkat nasional/internasional.		Tesis
3	Keterampilan Umum		
a	Mampu mengembangkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan kreatif melalui penelitian ilmiah, penciptaan desain atau karya seni dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan bidang keahliannya, menyusun konsepsi ilmiah dan hasil kajian berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam bentuk tesis atau bentuk lain yang setara, dan diunggah dalam laman perguruan tinggi, serta makalah yang telah diterbitkan di jurnal ilmiah terakreditasi atau diterima di jurnal internasional		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan tesis

b	Mampu melakukan validasi akademik atau kajian sesuai bidang keahliannya dalam menyelesaikan masalah di masyarakat atau industri yang relevan melalui pengembangan pengetahuan dan keahliannya		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan tesis
c	Mampu menyusun ide, hasil pemikiran, dan argumen saintifik secara bertanggung jawab dan berdasarkan etika akademik, serta mengkomunikasikannya melalui media kepada masyarakat akademik dan masyarakat luas		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan tesis
d	Mampu mengidentifikasi bidang keilmuan yang menjadi obyek penelitiannya dan memposisikan ke dalam suatu peta penelitian yang dikembangkan melalui pendekatan interdisiplin atau multidisiplin		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan tesis
e	Mampu mengambil keputusan dalam konteks menyelesaikan masalah pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora berdasarkan kajian analisis atau eksperimental terhadap informasi dan data		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan tesis
f	Mampu mengelola, mengembangkan dan memelihara jaringan kerja dengan kolega, sejawat di dalam lembaga dan komunitas penelitian yang lebih luas		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan tesis
g	Mampu meningkatkan kapasitas pembelajaran secara mandiri		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan tesis
h	Mampu mendokumentasikan, menyimpan, mengamankan, dan menemukan kembali data hasil penelitian dalam rangka menjamin kesahihan dan mencegah plagiasi		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan tesis

3b. Uraian Capaian Pembelajaran ke Silabus Mata Kuliah Wajib Program Magister Fisika

Capaian pembelajaran program magister fisika menurut jenjang 8 KKNI diterjemahkan dalam bentuk silabus melalui Gambaran Umum Konten minimum Kurikulum Program Studi Fisika yang terdapat pada kolom paling kanan Tabel 3 di atas. Silabus yang disusun dalam dokumen ini menjadi acuan bagi pengelola program studi magister fisika dalam menyusun kurikulum. *Master by Research* Fisika yang diperkenalkan di beberapa perguruan tinggi pada dasarnya adalah program magister fisika. Oleh karena itu kurikulum *Master by Research* tidak berbeda dengan kurikulum program magister fisika, namun implementasi pembelajarannya yang dapat disesuaikan.

Tabel 4		
No	Capaian Pembelajaran Level 8 Sains Fisika	Silabus Kuliah Wajib
1	2	3
1	Sikap	
	Capaian a-j	Semua mata kuliah
2	Penguasaan Pengetahuan	
a	Menguasai teori fisika klasik dan modern lanjut	<p>Untuk dapat menguasai konsep-konsep dan prinsip-prinsip fisika lanjut klasik dan kuantum, maka minimum pembelajaran berisi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan Lagrange <ul style="list-style-type: none"> • Kendala/konstrain (holonomik dan non-holonomik, reonomik dan skleronomik) • Ruang konfigurasi (derajat kebebasan, koordinat umum) • Ruang fase kecepatan (kecepatan umum) • Persamaan Euler-Lagrange dan penurunannya (fungsi Lagrange, gaya umum, momentum umum) • Koordinat siklis dan kekekalan momentum umum 2. Persamaan gerak Hamilton <ul style="list-style-type: none"> • Transformasi Legendre dan persamaan gerak Hamilton • Koordinat siklis dan teorema konservasi • Prosedur Routh • Perumusan Hamilton mekanika relativistik • Penurunan mekanika Hamilton melalui prinsip variasi (prinsip aksi terkecil) 3. Transformasi Kanonis <ul style="list-style-type: none"> • Konsep transformasi kanonis • Fungsi pembangkit • Pendekatan simplektik transformasi kanonis • Kurung Poisson dan perumusan teorema konservasi • Persamaan gerak dan transformasi kanonis infinitesimal • Konservasi momentum sudut dalam perumusan kurung Poisson <ul style="list-style-type: none"> • Grup simetri sistem mekanik • Teorema Liouville • Teori Hamilton-Jacobi 4. Persamaan Hamilton-Jacobi <ul style="list-style-type: none"> • Contoh-contoh penerapan persamaan Hamilton-Jacobi • Pemisahan variabel untuk persamaan Hamilton-Jacobi 5. Pengantar Teori Medan Kanonis <ul style="list-style-type: none"> • Aksi untuk medan • Simetri dan konservasi 6. Elektrodinamika: <ol style="list-style-type: none"> a) Elektrostatika:

		<ul style="list-style-type: none"> • Hukum Gauss, Persamaan Poisson dan Laplace, Teorema Green • Metoda bayangan (titik muatan di dekat bidang konduktor, titik muatan di dekat bola konduktor) • Persoalan syarat batas (persamaan Laplace dan persamaan Poisson) • Ekspansi multipol, persoalan syarat batas dengan bahan dielektrik. <p>b) Magnetostatika:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hukum Biot dan Savart, persamaan diferensial magnetostatik dan hukum ampere, retarded potential, potensial vektor dan induksi magnetik untuk arus sirkular, metode penyelesaian persoalan syarat batas dalam magnetostatik, energi dalam medan magnet. <p>c) Elektromagnetika:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arus perpindahan Maxwell, persamaan Maxwell, fungsi Green untuk persamaan gelombang, teorema Poynting <p>d) Interaksi Elektromagnetik dengan medium:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polarisasi elektromagnetik • Gelombang planar dalam media non konduksi, pemantulan dan pembiasan gelombang elektromagnetik • Medan pada permukaan dan dalam media, pandu gelombang, aliran energi dan atenuasi dalam pandu gelombang. <p>e) Radiasi elektromagnetik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medan dan radiasi dari sumber osilasi lokal, medan dipol listrik dan radiasi, medan dipol magnetik dan kuadrupol listrik, penyelesaian gelombang sferikal dari persamaan gelombang skalar, ekspansi multipol dari medan elektromagnetik. • Hamburan pada panjang gelombang yang panjang, teori gangguan pada hamburan, ekspansi gelombang sferikal dari gelombang planar, hamburan gelombang elektromagnetik oleh bola, teori difraksi skalar dan vektor <p>f) Perumusan kovarian persamaan Maxwell:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vektor-4 potensial dan tensor kuat medan • Rapat Lagrangian untuk elektromagnetika • Transformasi gauge, Lorentz dan Coulomb gauge • Tensor energi-momentum <p>g) Termodinamika/Mekanika Statistik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensemble-ensemble mikro kanonik, kanonik, dan kanonik besar • fungsi partisi, fungsi distribusi Maxwell-Boltzmann, fungsi distribusi Bose-Einstein, fungsi distribusi Fermi-Dirac
--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> • Terapan teori ensemble (Gas ideal klasik dan kuantum, potensial kimia, Kontribusi gerak internal) • Termodinamika gas Boson: fungsi Bose, kondensasi, radiasi benda hitam, kapasitas panas padatan • Termodinamika gas Fermion: fungsi Fermi, elektron dalam logam, paramagnetisme dan diamagnetisme, efek fotolistrik, emisi termionik • Fenomena transport, sistem dengan interaksi, transformasi fasa <p>h) Mekanika kuantum non-relativistik dan relativistik</p> <p>Mekanika Kuantum non-relativistik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruang Hilbert sebagai ruang keadaan sistem kuantum (ruang vektor, vektor ket, vektor bra, produk skalar, norm, ortogonalitas, basis ortonormal, • Operator dalam ruang Hilbert sebagai observabel (operator linear, operator Hermitian, persoalan nilai eigen, representasi matriks dan diagonalisasi, operator uniter) • Representasi posisi, representasi momentum, dan transformasi Fourier • Dinamika kuantum (operator pergeseran waktu, persamaan Schroedinger, gambaran Schroedinger, gambaran Heisenberg, gambaran interaksi/Majorana) • Korespondensi mekanika klasik dan mekanika kuantum (relasi Ehrenfest, kuantisasi kanonik) • Aplikasi formalisme mekanika kuantum untuk osilator harmonis (operator kreasi dan anihilasi, operator energi, operator posisi, operator momentum, persoalan nilai eigen) • Operator momentum sudut (definisi umum, momentum sudut orbital, momentum sudut spin, persoalan nilai eigen, penjumlahan momentum sudut, koefisien Clebs-Gordan) <p>Mekanika Kuantum Relativistik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Persamaan gelombang relativistik: persamaan Klein-Gordon, persamaan Dirac, persamaan Maxwell dan Proca;
	<p>Mampu mengembangkan model matematis dan atau model fisis dengan pendekatan inter- atau multidisiplin untuk memecahkan masalah IPTEKS terkait dengan fisika.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Topik-topik yang berkaitan dengan bidang peminatan. • Tesis

	Mampu mengelola riset dan mengembangkan keilmuan fisika atau fisika terapan untuk menghasilkan model/metode/teori yang teruji dan inovatif, serta mempublikasikannya pada forum atau jurnal ilmiah pada tingkat nasional/internasional	<ul style="list-style-type: none"> • Topik-topik yang berkaitan dengan bidang peminatan • Tesis
3	Keterampilan Khusus	
		<ul style="list-style-type: none"> • Topik-topik yang berkaitan dengan bidang peminatan • Tesis
4	Keterampilan Umum	
		<ul style="list-style-type: none"> • Topik-topik yang berkaitan dengan bidang peminatan • Tesis

4. Capaian Pembelajaran dan interpretasi KKNi Program Doktor Fisika

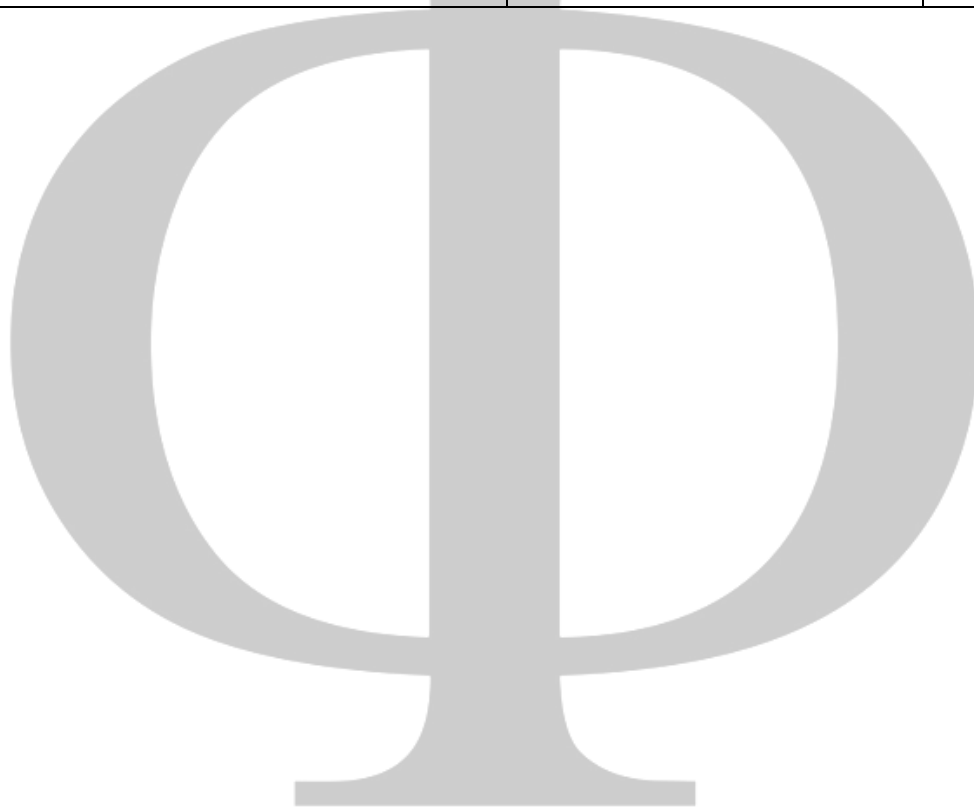
Capaian pembelajaran jenjang 9 KKNi untuk program doktor fisika yang menjadi acuan dalam penyusunan konten minimum kurikulum program studi fisika terdiri atas uraian-uraian KKNi yang singkat. Oleh karena itu interpretasi terhadap uraian-uraian KKNi tersebut perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum penyusunan gambaran umum konten minimum kurikulum dilakukan. Pada tabel berikut, setiap uraian KKNi (kolom 2) diinterpretasikan kontennya (kolom 3) dan atas dasar interpretasi tersebut diungkapkan gambaran umum kurikulum program studi (kolom 4).

Tabel 5			
No	Uraian KKNi	Interpretasi butir-butir KKNi	Gambaran Umum Konten Minimum Kurikulum Program Studi Doktor Fisika
1	2	3	4
1	Sikap		
a.	Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius	Mahasiswa yang terdaftar dalam program doktor telah memiliki sepuluh sikap ini. Mata kuliah-mata kuliah dan kegiatan akademik dalam program doktor akan memperkuat sikap ini.	Semua mata kuliah
b.	Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral, dan etika		
c.	Berkontribusi dalam peningkatan mutu kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan kemajuan peradaban berdasarkan Pancasila		
d.	Berperan sebagai warga negara yang bangga dan cinta tanah air, memiliki nasionalisme serta rasa tanggungjawab pada negara dan bangsa		
e.	Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, agama, dan kepercayaan, serta pendapat atau temuan orisinal orang lain		
f.	Bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan		
g.	Taat hukum dan disiplin dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara		
h.	Menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik		
i.	Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri		
j.	Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan		
2	Penguasaan Pengetahuan		

a.	Menguasai filosofi keilmuan fisika	Penguasaan filosofi keilmuan fisika dapat dilakukan melalui pembelajaran/aktifitas berisi: <ul style="list-style-type: none"> • pemberian konsep-konsep dasar fisika guna mempersiapkan mahasiswa dalam melakukan kegiatan riset • penyediaan fasilitas riset • penyelenggaraan perkuliahan berbasis riset • kesertaan seminar tingkat nasional atau internasional • penulisan karya ilmiah dalam jurnal internasional 	Mata kuliah yang berkaitan dengan riset dan seminar.
b	Menguasai perkembangan keilmuan suatu subbidang fisika spesifik/ tertentu sampai pada taraf perkembangan terkini (<i>state of the art</i>).		
c	Menguasai konsep dan metode untuk menerapkan teori fisika pada disiplin lain yang relevan		
d	Menguasai isu terkini, termaju, dan terdepan (<i>recent/ latest, advanced and frontier</i>) dalam penerapan teori multi disiplin ilmu yang relevan dengan pengembangan keilmuan fisika		
3	Keterampilan Khusus		
a	Mampu menghasilkan karya ilmiah inovatif, original dan teruji dalam keilmuan fisika melalui riset dengan pendekatan inter-, multi-, atau transdisiplin	Pemberian kemampuan menghasilkan karya desain/ilmiah yang inovatif, original, dan teruji dalam keilmuan fisika dapat dilakukan melalui pembelajaran/aktifitas berisi: <ul style="list-style-type: none"> • pemberian konsep-konsep dasar fisika guna mempersiapkan mahasiswa dalam melakukan kegiatan riset • penyediaan fasilitas riset • penyelenggaraan perkuliahan berbasis riset • kesertaan seminar tingkat nasional atau internasional • penulisan karya ilmiah dalam jurnal internasional 	Mata kuliah yang berkaitan dengan riset dan seminar.
b	Mampu melakukan pembaharuan model fisika untuk memecahkan masalah IPTEKS di bidang fisika yang relevan.		

4	Keterampilan Umum		
a	Mampu menemukan, menciptakan, dan memberikan kontribusi baru pada pengembangan, serta pengamalan ilmu pengetahuan dan/atau teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora di bidang keahliannya, dengan menghasilkan karya desain, prototipe, atau inovasi teknologi bernilai tambah atau dapat digunakan untuk penyelesaian masalah berdasarkan pemikiran logis, kritis, kreatif, dan arif;	Keterampilan umum ini dapat diperoleh melalui pembelajaran/aktifitas berisi: <ul style="list-style-type: none"> • pemberian konsep-konsep dasar fisika guna mempersiapkan mahasiswa dalam melakukan kegiatan riset • penyediaan fasilitas riset • penyelenggaraan perkuliahan berbasis riset • kesertaan seminar tingkat nasional atau internasional • penulisan karya ilmiah dalam jurnal internasional 	Mata kuliah yang berkaitan dengan riset dan seminar.
b	Mampu menyusun konsepsi ilmiah dan hasil kajian atas hasil karyanya berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam bentuk disertasi, dan makalah yang telah diterbitkan di jurnal nasional terakreditasi atau diterima di jurnal internasional atau karya yang dipresentasikan atau dipamerkan dalam forum internasional;	sda	sda
c	Mampu memilih penelitian yang tepat guna, terkini, termaju, dan memberikan kemaslahatan pada umat manusia dengan mengikutsertakan aspek keekonomian melalui pendekatan interdisiplin, multidisiplin, atau transdisiplin, dalam rangka menghasilkan penyelesaian masalah teknologi pada industri yang relevan, atau seni	sda	sda
d	Mampu mengembangkan strategi pengembangan teknologi atau seni dengan pendekatan interdisiplin, multidisiplin, atau transdisiplin, berdasarkan kajian tentang sasaran pokok penelitian dan konstelasinya pada sasaran yang lebih luas	sda	sda
e	Mampu menyusun argumen dan solusi keilmuan, teknologi atau seni berdasarkan pandangan kritis atas fakta, konsep, prinsip, atau teori yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan etika akademik, serta mengomunikasikannya melalui media massa atau langsung kepada masyarakat	sda	sda

f	Mampu menunjukkan kepemimpinan akademik dalam pengelolaan, pengembangan dan pembinaan sumberdaya serta organisasi yang berada di bawah tanggung jawabnya	sda	sda
g	Mampu mengelola, termasuk menyimpan, mengaudit, mengamankan, dan menemukan kembali data dan informasi hasil penelitian yang berada dibawah tanggung jawabnya	sda	sda
h	Mampu mengembangkan dan memelihara hubungan kolegal dan kesejawatan di dalam lingkungan sendiri atau melalui jaringan kerjasama dengan komunitas peneliti di luar lembaga	sda	sda



Lampiran 2. Kurikulum minimal S1, S2, S3 Pendidikan Fisika.

KURIKULUM PROGRAM SARJANA, MAGISTER, DAN DOKTOR PENDIDIKAN FISIKA

A. PENDAHULUAN

Kurikulum merupakan seperangkat atau suatu sistem rencana dan pengaturan mengenai bahan pembelajaran yang dapat dipedomani dalam aktivitas pembelajaran. Kurikulum di perguruan disusun oleh masing-masing program studi berdasarkan Standar Nasional Pendidikan Tinggi dan standar minimal yang disepakati oleh asosiasi bidang keilmuan atau program studi. Kurikulum untuk program studi Pendidikan Fisika disusun masing-masing program studi dengan mengacu pada Capaian Pembelajaran lulusan (CPL) dan konten minimum sebagai jabaran dari CPL yang telah disepakati oleh the Physical Society of Indonesia (PSI, sebelumnya dikenal dengan Himpunan Fisika Indonesia atau Indonesian Physical Society).

Kurikulum yang disepakati PSI disusun berdasarkan unsur-unsur kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) yang terdiri dari unsur sikap dan tata nilai, keterampilan umum, pengetahuan, keterampilan khusus, dan Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SNDikti) Permendikbud No 2 Tahun 2020. Kurikulum yang dimaksud berupa CPL yang terdiri dari unsur pengetahuan dan keterampilan khusus, dan konten minimum yang merupakan jabaran CPL yang disusun sebagai materi minimum yang harus diperoleh oleh mahasiswa program sarjana, magister dan doctor Pendidikan fisika. CPL dan konten minimum program sarjana, magister, dan doktor Pendidikan fisika ini merupakan kontinum secara berkelanjutan sesuai dengan level KKNI (level 6, 8 dan 9).

Penyusunan konten minimum dilakukan dengan memperhatikan pohon pengetahuan (body of knowledge) ilmu pendidikan fisika dan capaian pembelajaran fisika menurut KKNI. Konten minimum bukan nama matakuliah namun konten minimum akan dituangkan program studi dalam matakuliah wajib yang disesuaikan dengan VMTS masing-masing program studi. Uraian selanjutnya disajikan CPL untuk program sarjana, magister dan doktor Pendidikan fisika beserta konten minimum untuk masing-masing program.

B. CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN PROGRAM SARJANA, MAGISTER DAN DOKTOR PENDIDIKAN FISIKA

NO	Unsur KKNI	Program Sarjana	Program Magister	Program Doktor
1	Sikap dan Tata Nilai	<p>a Bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius ;</p> <p>b Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral dan etika;</p> <p>c Berkontribusi dalam peningkatan mutu kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan peradaban berdasarkan Pancasila;</p> <p>d Berperan sebagai warga negara yang bangga dan cinta tanah air, memiliki nasionalisme serta rasa tanggungjawab pada negara dan bangsa;</p> <p>e Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, agama, dan kepercayaan, serta pendapat atau temuan orisinal orang lain;</p> <p>f Bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan;</p> <p>g Taat hukum dan disiplin dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara ;</p> <p>h Menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik;</p> <p>i Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri;</p> <p>j Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan.</p>		
2	Keterampilan Umum	<p>a. Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang keahliannya;</p> <p>b. Mampu menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur;</p> <p>c. Mampu mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara dan etika ilmiah dalam rangka menghasilkan solusi, gagasan, dan desain atau kritik seni.</p> <p>d. Mampu menyusun deskripsi saintifik hasil kajian tersebut di atas</p>	<p>a. Mampu mengembangkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan kreatif melalui penelitian ilmiah, penciptaan desain atau karya seni dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan bidang keahliannya, menyusun konsepsi ilmiah dan hasil kajian berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam bentuk tesis atau bentuk lain yang setara, dan diunggah dalam laman perguruan tinggi, serta makalah yang telah diterbitkan di jurnal ilmiah terakreditasi atau diterima di jurnal internasional;</p> <p>b. Mampu melakukan validasi akademik atau</p>	<p>a. mampu menemukan, menciptakan, dan memberikan kontribusi baru pada pengembangan, serta pengamalan ilmu pengetahuan dan/atau teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora di bidang keahliannya, dengan menghasilkan karya desain, prototipe, atau inovasi teknologi bernilai tambah atau dapat digunakan untuk penyelesaian masalah berdasarkan pemikiran logis, kritis, kreatif, dan arif;</p> <p>b. mampu menyusun konsepsi ilmiah dan hasil kajian atas hasil karyanya berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam bentuk disertasi, dan makalah yang telah diterbitkan di jurnal nasional terakreditasi</p>

NO	Unsur KKNI	Program Sarjana	Program Magister	Program Doktor
		<p>dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir, dan mengunggahnya dalam laman perguruan tinggi;</p> <p>e. Mampu mengambil keputusan secara tepat dalam konteks penyelesaian masalah di bidang keahliannya, berdasarkan hasil analisis informasi dan data;</p> <p>f. Mampu memelihara dan mengembangkan jaringan kerja dengan pembimbing, kolega, sejawat baik di dalam maupun di luar lembaganya;</p> <p>g. Mampu bertanggung jawab atas pencapaian hasil kerja kelompok dan melakukan supervisi serta evaluasi terhadap penyelesaian pekerjaan yang ditugaskan kepada pekerja yang berada di bawah tanggung jawabnya;</p> <p>h. Mampu melakukan proses evaluasi diri terhadap kelompok kerja yang berada di bawah tanggung jawabnya, dan mampu mengelola pembelajaran secara mandiri;</p> <p>i. Mampu mendokumentasikan, menyimpan, mengamankan, dan menemukan kembali data untuk menjamin kesahihan dan mencegah plagiasi.</p>	<p>kajian sesuai bidang keahliannya dalam menyelesaikan masalah di masyarakat atau industri yang relevan melalui pengembangan pengetahuan dan keahliannya;</p> <p>c. Mampu menyusun ide, hasil pemikiran, dan argumen saintifik secara bertanggung jawab dan berdasarkan etika akademik, serta mengkomunikasikannya melalui media kepada masyarakat akademik dan masyarakat luas;</p> <p>d. Mampu mengidentifikasibidang keilmuan yang menjadi obyek penelitiannya dan memposisikan ke dalam suatu peta penelitian yang dikembangkan melalui pendekatan interdisiplin atau multidisiplin;</p> <p>e. Mampu mengambil keputusan dalam konteks menyelesaikan masalah pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora berdasarkan kajian analisis atau eksperimental terhadap informasi dan data;</p> <p>f. Mampu mengelola, mengembangkan dan memelihara jaringan kerja dengan kolega, sejawat di dalam lembaga dan komunitas penelitian yang lebih luas;</p>	<p>atau diterima di jurnal internasional atau karya yang dipresentasikan atau dipamerkan dalam forum internasional;</p> <p>c. mampu memilih penelitian yang tepat guna, terkini, termaju, dan memberikan kemaslahatan pada umat manusia dengan mengikutsertakan aspek keekonomian melalui pendekatan interdisiplin, multidisiplin, atau transdisiplin, dalam rangka menghasilkan penyelesaian masalah teknologi pada industri yang relevan, atau seni;</p> <p>d. mampu mengembangkan strategi pengembangan teknologi atau seni dengan pendekatan interdisiplin, multidisiplin, atau transdisiplin, berdasarkan kajian tentang sasaran pokok penelitian dan konstelasinya pada sasaran yang lebih luas;</p> <p>e. mampu menyusun argumen dan solusi keilmuan, teknologi atau seni berdasarkan pandangan kritis atas fakta, konsep, prinsip, atau teori yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan etika akademik, serta mengkomunikasikannya melalui media massa atau langsung kepada masyarakat;</p>

NO	Unsur KKNI	Program Sarjana	Program Magister	Program Doktor
			<p>g. Mampu meningkatkan kapasitas pembelajaran secara mandiri;</p> <p>h. Mampu mendokumentasikan, menyimpan, mengamankan, dan menemukan kembali data hasil penelitian dalam rangka menjamin kesahihan dan mencegah plagiasi.</p>	<p>f. mampu menunjukkan kepemimpinan akademik dalam pengelolaan, pengembangan dan pembinaan sumberdaya serta organisasi yang berada dibawah tanggung jawabnya;</p> <p>g. mampu mengelola, termasuk menyimpan, mengaudit, mengamankan, dan menemukan kembali data dan informasi hasil penelitian yang berada dibawah tanggung jawabnya; dan</p> <p>h. mampu mengembangkan dan memelihara hubungan kolegial dan kesejawatan di dalam lingkungan sendiri atau melalui jaringan kerjasama dengan komunitas peneliti di luar lembaga.</p>
3	Pengetahuan	<p>a. Memahami konsep dasar kependidikan dan teori pembelajaran dalam merancang, melaksanakan dan mengevaluasi pembelajaran fisika yang inovatif dengan memanfaatkan TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi), dan lingkungan sekitar.</p> <p>b. Memahami konsep dan prinsip pengelolaan laboratorium fisika dengan mengintegrasikan teknologi dan lingkungan.</p> <p>c. Menguasai matematika, komputasi, dan instrumentasi untuk</p>	<p>a. Menguasai konsep teoretis fisika klasik dan fisika modern dalam pemecahan masalah kontekstual.</p> <p>b. Menguasai filosofi, konsep dan teori belajar dalam pendidikan serta implikasinya pada pembelajaran fisika.</p> <p>c. Menguasai metode penelitian pendidikan fisika secara kuantitatif, kualitatif atau campuran berdasarkan permasalahan pendidikan fisika untuk memecahkan masalah dengan</p>	<p>a. Mengembangkan keilmuan pendidikan fisika dengan menggunakan paradigma dan filsafat ilmu.</p> <p>b. Menguasai metode penelitian pendidikan fisika berdasarkan permasalahan pendidikan fisika untuk memecahkan masalah dengan pendekatan inter, multi dan transdisipliner.</p>

NO	Unsur KKNI	Program Sarjana	Program Magister	Program Doktor
		<p>mendukung pemahaman konsep fisika.</p> <p>d. Menguasai konsep fisika dan pola pikir keilmuan fisika berdasarkan fenomena alam yang mendukung pembelajaran Fisika di sekolah dan program pendidikan magister.</p> <p>e. Menguasai proses identifikasi masalah dan metode penelitian Pendidikan fisika yang sesuai sebagai alternatif pemecahan masalah, serta teknik penulisan karya tulis ilmiah.</p>	<p>pendekatan inter atau multidisipliner.</p>	
4	Keterampilan Khusus	<p>a. Merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran fisika yang inovatif dengan memanfaatkan TIK, dan lingkungan sekitar untuk mengembangkan kemampuan berfikir sesuai dengan karakteristik materi fisika, dan sikap ilmiah sesuai dengan karakteristik siswa.</p> <p>b. Memanfaatkan dan mengelola laboratorium fisika dalam menunjang pembelajaran fisika dengan mengintegrasikan teknologi dan lingkungan.</p> <p>c. mampu menerapkan model matematis dalam menjelaskan fenomena fisika dalam pembelajaran.</p> <p>d. Melakukan penelitian Pendidikan fisika sebagai bentuk pemecahan masalah dan menyajikannya dalam karya ilmiah.</p>	<p>a. Melakukan, dan mengelola penelitian Pendidikan fisika untuk memecahkan masalah dengan menggunakan pendekatan inter atau multidisipliner sehingga menghasilkan karya inovatif dan teruji.</p> <p>b. Mempublikasikan karya ilmiah di jurnal nasional terakreditasi atau prosiding seminar internasional atau jurnal internasional..</p>	<p>a. Mengelola, memimpin dan mengembangkan penelitian pendidikan fisika untuk memecahkan masalah dengan menggunakan pendekatan inter, multi dan transdisipliner sehingga menghasilkan karya kreatif, original, dan teruji.</p> <p>b. Mempublikasikan hasil penelitian pendidikan fisika pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi.</p>

C. CPL DAN KONTEN MINIMUM UNTUK PROGRAM SARJANA PENDIDIKAN FISIKA

No	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
1	Pengetahuan	a. Memahami konsep dasar kependidikan dan teori pembelajaran dalam merancang, melaksanakan dan mengevaluasi pembelajaran fisika yang inovatif dengan memanfaatkan TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi), dan lingkungan sekitar.	<ul style="list-style-type: none"> a. Teori perkembangan peserta didik dan implikasinya pada pembelajaran fisika b. Teori-teori belajar dalam pembelajaran fisika (behavioristik, kognitivistik, konstruktivistik, social, dan humanistik) dan perkembangannya c. Hakikat fisika, sejarah perkembangan fisika, inkuiri dalam fisika dan pembelajaran fisika, fisika dan teknologi, serta etika dalam sains d. Taksonomi Bloom terevisi (<i>Revised Bloom Taxonomy</i>) yang mencakup dimensi proses kognitif dan dimensi pengetahuan. e. Literasi, numerasi dan kemampuan berpikir tingkat tinggi, f. Keterampilan dasar mengajar dan pengelolaan pembelajaran fisika (keterampilan membuka dan menutup pelajaran, bertanya, menjelaskan, memberi penguatan, mengadakan variasi, mengelola kelas, memimpin diskusi kelompok kecil, mengajar kelompok kecil dan perorangan) g. Pendekatan, model dan metode pembelajaran fisika beserta implementasinya {Pendekatan kontekstual, <i>scientific approach</i>, keterampilan proses sains, model <i>discovery learning</i>, <i>inquiry based learning</i>, <i>problem based learning</i>, <i>project based learning</i>, dan <i>cooperative learning.case based learning</i>} h. Pengembangan bahan ajar dan media pembelajaran berbasis lingkungan sekitar dan teknologi. i. Kurikulum Fisika di sekolah (karakteristik, struktur, kerangka, kedalaman kajian materi) j. Assessment as, for and of learning k. Aspek-aspek penilaian, penyusunan instrumen penilaian (kognitif, psikomotor, afektif), l. Penilaian literasi, numerasi dan HOTS berbantuan computer m. Analisis butir soal (PAN: validitas, reliabilitas; PAP: indeks sensitivitas, validitas isi)
		b. Memahami konsep dan prinsip pengelolaan laboratorium fisika dengan mengintegrasikan teknologi dan lingkungan.	<ul style="list-style-type: none"> a. Fungsi kelas sebagai laboratorium fisika, b. Pengelolaan laboratorium (perencanaan alat dan bahan, penjadwalan penggunaan, perawatan, dan kalibrasi) c. Kesehatan, keamanan dan keselamatan kerja di laboratorium
		c. Menguasai matematika, komputasi, dan instrumentasi	<ul style="list-style-type: none"> a. Fungsi: penggambaran fungsi, jenis fungsi (genap/ganjil, eksponensial, trigonometri, logaritma, invers), grafik, b. Limit: hukum limit teorema limit, kekontinuan fungsi ;

No	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
		<p>untuk mendukung pemahaman konsep fisika.</p>	<p>c. Turunan: aturan pencarian turunan, aturan rantai dan notasi Leibniz ; turunan tingkat tinggi, pendeferensialan implisit;</p> <p>d. Integral: integral tentu, integral tak tentu, aturan penentuan integral, teknik integral.</p> <p>e. Operasi Matrik: penjumlahan, perkalian, transpose, determinan, invers, matrik khusus, matrik orthogonal, nilai eigen;</p> <p>f. Bilangan kompleks: aljabar bilangan kompleks, rumus Euler, fungsi eksponen, fungsi hiperbolik, invers trigonometri dan hiperbolik, akar dan pangkat kompleks,</p> <p>g. Deret: deret tak hingga, deret pangkat, tes konvergensi dan wilayah konvergensi deret, ekspansi fungsi ke dalam deret pangkat, deret fourier;</p> <p>h. Aljabar dan fungsi kompleks, fungsi analitik, integral lintasan, deret laurent, teknik residu, pemetaan konformal;</p> <p>i. Persamaan diferensial biasa (PDB): solusi PDB (pemisahan variabel, ekspansi deret PD Bessel dan PD legendre), PD non homogen,</p> <p>j. Persamaan diferensial parsial (PDP): persamaan gelombang, persamaan Laplace dan Poisson, persamaan perambatan kalor dan difusi, solusi menggunakan metode pemisahan variabel</p> <p>k. Transformasi integral: transformasi Laplace, transformasi Fourier, konvolusi, fungsi Green, solusi PD dengan transformasi; persamaan integral.</p> <p>l. Sistem persamaan linier, matriks, determinan; penjumlahan dan perkalian vektor, medan skalar, medan vektor, gradien, divergensi, rotasi, teorema Green, teorema Gauss, teorema Stokes; transformasi linier, transformasi ortogonal, masalah nilai Eigen, diagonalisasi; transformasi koordinat, koordinat kurvilinier</p> <p>m. Kalkulus variasi: persamaan Euler,</p> <p>n. Definisi probabilitas, ruang sampel, metode penghitungan, peubah acak, distribusi kontinu, distribusi binomial, distribusi normal (Gauss), distribusi Poisson.</p> <p>o. Pengantar Metode numeric untuk menyelesaikan akar persamaan polinomial, persamaan linier, dan persamaan diferensial</p> <p>Elektronika dan Penerapannya dalam kehidupan sehari-hari</p> <p>a. Rangkaian DC, sumber arus, sumber tegangan,</p> <p>b. Rangkaian Setara Thevenin, Rangkaian Setara Norton.</p> <p>c. Rangkaian AC.</p> <p>d. Semikonduktor, sambungan PN, dioda, penyearah gelombang, catu daya dc, dioda Zener, Transistor</p>

No	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
			<p>Bipolar, karakteristik transistor, garis beban AC dan DC, transistor sebagai penguat tegangan kecil, saklar transistor,</p> <p>e. Teori rangkaian digital: AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR.</p> <p>f. Alat ukur dasar: pengukur arus, tegangan, hambatan.</p> <p>g. Piranti masukan: sensor, jenis-jenis sensor: sensor temperatur, sensor besaran-besaran mekanik, sensor optik, sensor magnetik, dan sensor-sensor lainnya.</p> <p>h. Pengolah sinyal sederhana: pra pengolah sinyal, penguat sinyal, pengubah analog ke digital, dasar mikroprosesor, peningkatan S/N ratio.</p> <p>i. Piranti keluaran: prinsip kerja piranti keluaran misalkan memori, display, dan printer</p> <p>j. transmisi data digital</p>
		<p>d. Menguasai konsep fisika dan pola pikir keilmuan fisika berdasarkan fenomena alam yang mendukung pembelajaran Fisika di sekolah dan program pendidikan magister.</p>	<p>Mekanika klasik</p> <p>a. Ruang dan waktu (konsep ruang waktu Newton dan Galileo),</p> <p>b. Besaran-besaran dasar gerak: kerangka acuan, posisi, perpindahan, jarak tempuh (panjang lintasan), kelajuan (rata-rata dan sesaat), kecepatan linear (rata-rata dan sesaat), percepatan linear (rata-rata dan sesaat), kecepatan sudut (rata-rata dan sesaat), dan percepatan sudut (rata-rata dan sesaat)</p> <p>c. Jenis-jenis gerak: gerak pada garis lurus, gerak pada bidang, gerak dalam ruang, gerak relatif (posisi dan kecepatan relatif),</p> <p>d. Analisis gerak sebuah partikel dalam koordinat lengkung (polar, bola, silinder)</p> <p>e. Hukum Newton tentang gerak: hukum Newton tentang gerak, kerangka acuan inersia, massa inersia dan massa gravitasi, gaya dan momentum, torka dan momentum sudut (terhadap pusat koordinat dan titik lain), dan Hukum Newton untuk gerak rotasi</p> <p>f. Penerapan Hukum Newton tentang gerak: keseimbangan benda titik, gaya bergantung pada waktu (misal: gaya impuls), gaya bergantung pada posisi (misal: gaya pemulih, gaya gravitasi), gaya bergantung pada kecepatan (misal: gaya Stokes, <i>drag force</i>), dan kombinasinya (misal: gaya pegas dan gesekan)</p> <p>g. Konsep kerja dan energi, teorema kerja-energi kinetik, gaya konservatif dan energi potensial, hukum kekekalan/kelestarian/konservasi energi, dan penerapannya</p> <p>h. Hukum Newton tentang gravitasi: gravitasi pada sistem benda titik dan benda kontinyu, energi potensial gravitasi</p>

No	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
			<p>Mekanika sistem banyak partikel:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Gerak sistem banyak partikel: momentum linier dan momentum sudut untuk sistem, kekekalan momentum linear dan momentum sudut, gerak pusat massa, gaya total dan torka total, energi kinetik sistem, kerangka pusat massa. b. Contoh-contoh: gerak roket, teori benturan (tumbukan), analisis tumbukan menggunakan kerangka pusat massa, masalah dua benda (hamburan dan sistem terikat). a. Gerak benda tegar: 1) Rotasi murni (rotasi benda tegar dengan sumbu tetap): momen inersia, energi kinetik, aplikasi Hukum II Newton untuk gerak rotasi, Hukum kekekalan momentum sudut; 2) Gerak campuran (rotasi dan translasi benda tegar): momentum sudut, energi kinetik, tensor inersia, hukum kekekalan momentum sudut, contoh rotasi campuran: gerak planar (misal: gerak menggelinding), gerak giroskop (gasing) c. Kerangka acuan tak inersial: kerangka acuan dipercepat dan gaya inersial (gaya semu/fiktif), kerangka acuan berputar (percepatan sentrifugal dan percepatan Coriolis), dinamika partikel dalam kerangka acuan berputar, dampak-dampak rotasi bumi (bandul Foucault, angin pasat, perubahan iklim) d. Perumusan Lagrange dan perumusan Hamilton: kendala, sistem koordinat umum, prinsip Hamilton dan persamaan Euler-Lagrange, fungsi Lagrange dan fungsi energi, momentum umum, persamaan Hamilton dan ruang fase momentum. e. Gerak dalam medan gaya terpusat: hukum Kepler, persamaan irisan kerucut dalam koordinat polar, gaya terpusat dan kekekalan momentum sudut, penurunan persamaan gerak benda dalam potensial terpusat dalam tata koordinat polar, pencarian solusi persamaan gerak untuk potensial Kepler ($-k/r$), energi potensial medan gravitasi f. Konsep fluida, penggambaran euler dan penggambaran Lagrange, konsep partikel dalam fluida, garis alir, garis lintasan, dan <i>streamline</i>, persamaan kontinuitas fluida tak termampatkan g. Fluida ideal: persamaan Euler, persamaan Bernoulli, tekanan hidrostatis, rapat aliran energi, rapat aliran momentum, hukum konservasi sirkulasi, aliran potensial, <i>drag force</i>. h. Fluida kental (viskos): persamaan Navier-Stokes, <i>dissipation energy</i> dan fluida tak termampatkan, gaya Stokes, aliran fluida kental dalam pipa, bilangan Reynold
			<p>Termodinamika</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Suhu dan kalor

No	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
			<p>b. Fenomena transport</p> <p>c. Sistem termodinamika, besaran keadaan (temperatur, tekanan, volume), fase dan perubahan fase (padat, cair, dan gas)</p> <p>d. Hukum ke nol termodinamika</p> <p>e. Gas ideal: persamaan keadaan, kalor dan kapasitas kalor, kalor jenis, persamaan keadaan gas real</p> <p>f. Hukum pertama termodinamika</p> <p>g. Hukum kedua termodinamika: entropi, prinsip entropi maksimum, proses Carnot</p> <p>h. Entropi dan energi sebagai potensial termodinamik, transformasi Legendre, energi, bebas, entalpi</p> <p>Fisika Statistik</p> <p>a. Teori kinetik gas ideal, tekanan, kerja, dan potensial kimia</p> <p>b. Relasi Maxwell, ruang fase, statistik molekul-molekul (Bose-Einstein, Fermi-Dirac, Maxwell-Boltzmann), fungsi distribusi, definisi entropi secara statistik, teori ensemble dan ensemble mikrokanonis, ensemble kanonis</p>
			<p>Getaran dan gelombang</p> <p>a. Getaran linear: benda pada pegas, gerak harmonik sederhana, getaran teredam, getaran terpaksa, getaran tersambung, superposisi getaran</p> <p>b. Gelombang: gelombang bidang, gelombang selaras, persamaan gelombang dan penyelesaiannya, superposisi gelombang (interferensi dan difraksi), energetika gelombang, refleksi dan refraksi, gelombang stasioner, dispersi, gelombang mekanik: gelombang bunyi dalam padatan, cairan, dan gas gelombang bola dan silinder, pengantar gelombang elektromagnetik, gelombang multidimensi, impedansi medium, kaitan dispersi, perambatan di perbatasan medium, efek Doppler</p>
			<p>Optika</p> <p>a. Optika fisis: prinsip Huygens, interferensi (interferometer pembelah muka gelombang, pembelah amplitudo), difraksi (Fresnell, Frounhofer, celah tunggal dan kisi difraksi), polarisasi</p> <p>b. Optika geometris: prinsip Fermat pemantulan dan pembiasan, alat-alat optik</p> <p>c. Perambatan cahaya dalam medium dan antar medium</p>
			<p>Elektromagnetik</p> <p>a. Dasar eksperimen hukum Coulomb, hukum Coulomb</p> <p>b. Medan listrik statis oleh partikel titik, medan listrik statis oleh distribusi muatan diskrit, kontinyu, dan dipol listrik, garis-garis gaya listrik dan fluks listrik, hukum Gauss</p> <p>c. Kerja dan energi potensial listrik, potensial listrik, ekspansi multipol, persamaan Poisson dan persamaan Laplace, persoalan syarat batas</p>

No	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
			<ul style="list-style-type: none"> d. Konduktor, isolator, dan semikonduktor e. Kapasitor, kapasitansi, dan bahan dielektrik f. Elektrostatika dalam bahan g. Arus listrik dan rapat arus listrik, persamaan kontinuitas, h. Dasar-dasar eksperimen magnet statis, induksi magnetik, gerak partikel bermuatan dalam medan magnet, persamaan medan magnet stasioner, potensial vektor, hukum Faraday, dipol magnet, dan medan yang dihasilkannya, i. Kemagnetan bahan, permeabilitas, magnetisasi, suseptibilitas, j. Persamaan Maxwell, Gelombang Elektromagnetik, k. Perumusan kovarian persamaan Maxwell, l. Polarisasi gelombang elektromagnetik, perambatan cahaya dalam medium dan antar medium, prinsip fermat, efek ketidakisotropikan medium
			<p>Fisika modern dan fisika kuantum</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Teori relativitas: pengertian kerangka acuan inersial, postulat-postulat relativitas khusus, transformasi Lorentz, gejala-gejala relativitas khusus: kontraksi panjang, dilatasi waktu, paradox kembar, relativitas khusus dan elektrodinamika, perumusan kovarian. b. Latar belakang eksperimen: radiasi benda hitam, percobaan efek fotolistrik, efek Compton, difraksi elektron (percobaan Davisson-Germer), produksi pasangan, dualisme gelombang-partikel, hipotesis de Broglie, ketidakpastian Heisenberg, model atom dan molekul. c. Mekanika gelombang: persamaan Schrodinger, interpretasi fungsi gelombang, normalisasi gelombang, nilai Eigen, fungsi Eigen, degenerasi, operator dan harga ekspektasi d. Solusi persamaan Schroedinger: partikel bebas, potensial tangga, sumur potensial, efek terobosan, osilator harmonik sederhana, atom hidrogen, momentum sudut <p>Fisika inti</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Struktur dan sifat-sifat inti atom: susunan inti, ukuran dan bentuk inti atom, momentum sudut dan momen magnet inti, gaya nuklir (interaksi antar nukleon dalam inti atom), kestabilan inti atom, energi ikat nuklir, rumus semi empirik Weiszacker. b. Radioaktivitas: besaran-besaran dasar radioaktivitas, peluruhan beruntun, keseimbangan radioaktif, radioaktivitas buatan. c. Jenis-jenis radiasi nuklir: peluruhan alpha, peluruhan beta, peluruhan gamma.

No	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
			<p>d. Reaksi nuklir: klasifikasi reaksi nuklir, mekanisme reaksi nuklir, kinematika reaksi nuklir, parameter reaksi nuklir.</p> <p>e. Partikel elementer: interaksi lepton, muon, hadron, quark</p> <p>Fisika zat padat</p> <p>a. Struktur kristal: simetri dan struktur kristal, difraksi kisi kristal, ikatan atomik dalam kristal.</p> <p>b. Dinamika kisi kristal: getaran dalam zat padat, kapasitas panas zat padat, getaran kisi.</p> <p>c. Model elektron bebas: model elektron bebas klasik, model elektron bebas terkuantisasi, perilaku elektron dalam logam, keberatan terhadap model elektron bebas.</p> <p>d. Teori pita energi: teori pita energi, metode lcao, dinamika elektron dalam logam .</p> <p>e. Semikonduktor: klasifikasi semikonduktor berdasarkan golongan dalam sistem periodik unsur, semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik</p> <p>f. Bahan dielektrik: pandangan makroskopis dan mikroskopis, gejala dielektrik, dan bahan magnetik: suseptibilitas magnetik, gejala magnetik</p>
		e. Menguasai proses identifikasi masalah dan metode penelitian Pendidikan fisika yang sesuai sebagai alternatif pemecahan masalah, serta teknik penulisan karya tulis ilmiah.	<p>a. Hakikat penelitian pendidikan fisika</p> <p>b. Isu dan identifikasi permasalahan pendidikan dan pembelajaran fisika</p> <p>c. Ragam metode penelitian dalam pendidikan fisika: penelitian kuantitatif, kualitatif, , PTK, dan R & D</p> <p>d. Rancangan penelitian pendidikan fisika : desain, subyek/populasi/sampel penelitian, instrumen penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data sesuai ragam metode penelitian kuantitatif, kualitatif, , PTK, dan R & D</p>
2	Keterampilan Khusus	a. Merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran fisika yang inovatif dengan memanfaatkan TIK, dan lingkungan sekitar untuk mengembangkan kemampuan berfikir sesuai dengan karakteristik materi fisika, dan	<p>a. Merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran fisika yang sesuai dengan karakteristik materi dan inovatif yang diwujudkan dalam perangkat pembelajaran</p> <p>b. Mempraktekkan pembelajaran fisika dengan menggunakan keterampilan dasar mengajar, pendekatan dan model pembelajaran inovatif melalui <i>peer teaching</i> dan <i>real teaching sekolah</i></p> <p>c. Menyusun perangkat pembelajaran fisika secara komprehensif (silabus, RPP, media pembelajaran, bahan ajar, dan penilaian) berdasarkan kurikulum yang berlaku di sekolah</p>

No	Unsur KKNi	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
		sikap ilmiah sesuai dengan karakteristik siswa.	
		b. Memanfaatkan dan mengelola laboratorium fisika dalam menunjang pembelajaran fisika dengan mengintegrasikan teknologi dan lingkungan.	<ul style="list-style-type: none"> a. Merancang desain dan mengelola laboratorium fisika di sekolah yang dilengkapi dengan rancangan kegiatan dan perangkat praktikum fisika. b. Memanfaatkan laboratorium fisika di sekolah untuk kegiatan pengembangan pembelajaran fisika dengan mengintegrasikan teknologi dan lingkungan.
		c. mampu menerapkan model matematis dalam menjelaskan fenomena fisika dalam pembelajaran.	<ul style="list-style-type: none"> a. Menggunakan model matematis, komputasi, dan instrumentasi dalam pemecahan masalah fisika pada saat membelajarkan fisika.
		d. Melakukan penelitian Pendidikan fisika sebagai bentuk pemecahan masalah dan menyajikannya dalam karya ilmiah.	<ul style="list-style-type: none"> a. Menyusun proposal penelitian Pendidikan fisika berdasarkan hasil identifikasi masalah dengan metode penelitian yang sesuai b. Melakukan penelitian Pendidikan Pendidikan fisika berdasarkan proposal penelitian dan mempresentasikannya dalam forum ujian secara lisan berdasarkan kaidah, tata cara dan etika ilmiah c. Menulis hasil penelitian dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir dan mempublikasikannya dalam bentuk artikel ilmiah yang sekurang-kurangnya diunggah di laman perguruan tinggi dengan mengedepankan aspek originalitas untuk mencegah plagiasi.

D. CPL DAN KONTEN MINIMUM UNTUK PROGRAM MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA

NO	Unsur KKNi	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
1	Pengetahuan	a. Menguasai konsep teoretis fisika klasik dan fisika modern dalam pemecahan masalah kontekstual.	<ul style="list-style-type: none"> 1) Mekanika klasik Persamaan Lagrange dan persamaan gerak Hamilton 2) Elektrodinamika Persamaan Maxwell dan penerapannya 3) Mekanika statistik Ensemble-ensemble mikro kanonik, kanonik, kanonik besar dan terapannya, Termodinamika gas Boson dan gas Fermion 4) Mekanika Kuantum Persamaan Schroedinger, penyelesaian dan terapannya

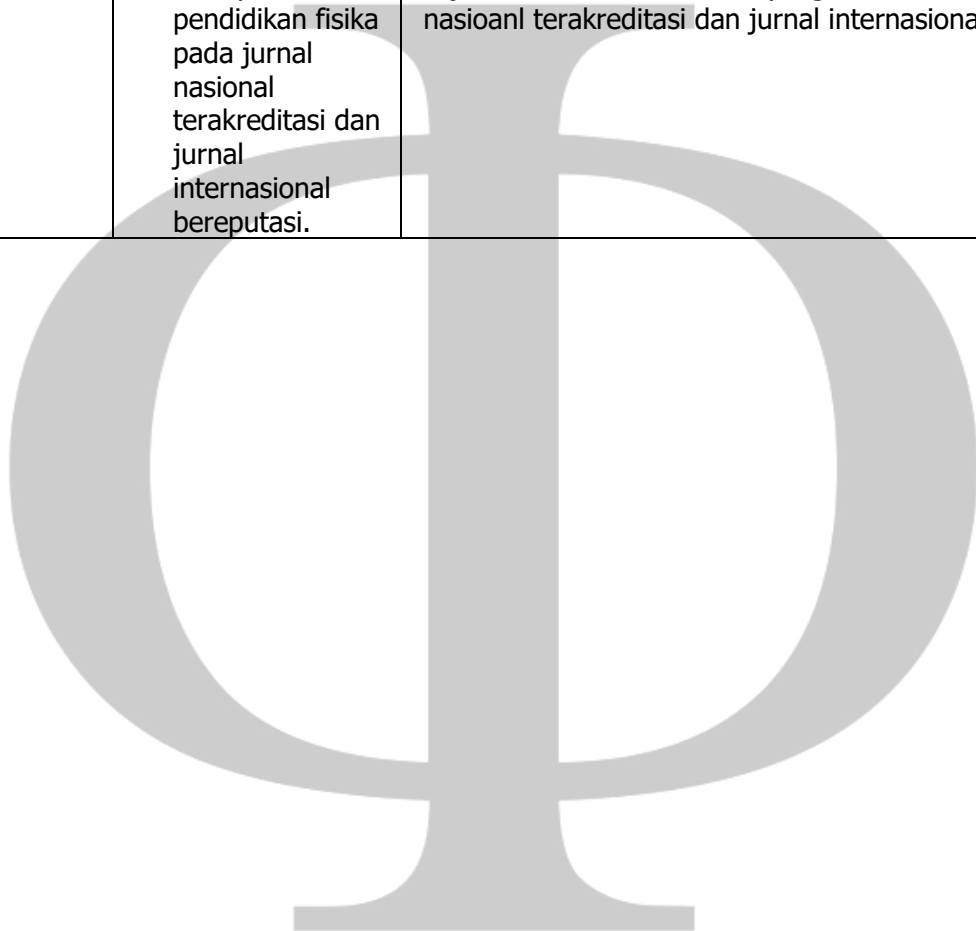
NO	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
		b. Menguasai filosofi, konsep dan teori belajar dalam pendidikan serta implikasinya pada pembelajaran fisika.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Hakikat ilmu fisika (ontologi, epistemologi dan aksiologi) dan Pendidikan fisika (realisme, idealisme, empirisme, pragmatisme, esensialisme, perenialisme, progresivisme, rekonstruksionisme, behaviorisme, kognitivisme, konstruktivisme), sejarah perkembangan fisika ditinjau proses berpikir ilmiah. 2) Kajian problematika Pendidikan fisika dan hubungannya dengan teori belajar, landasan filosofis, historis, sosiologis, dan psikologis. 3) Kajian perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran fisika ditinjau dari sudut pandang aspek-aspek pendidikan yang meliputi: teori belajar dan pembelajaran, taxonomy tujuan pembelajaran, karakteristik peserta didik, strategi metode pembelajaran, organisasi bahan ajar, media pembelajaran berbantuan teknologi, dan penilaian pembelajaran. 4) Inovasi dalam pembelajaran fisika dengan menggunakan hybrid learning, STEM education, TPACK, etnosains, pembelajaran untuk SDGs, dan TIK dalam pembelajaran fisika. 5) Pengembangan kurikulum pendidikan fisika, bahan ajar dan media pembelajaran 6) Penilaian dalam pembelajaran fisika meliputi teknik penilaian dalam pembelajaran Fisika, Pengembangan instrumen penilaian pembelajaran fisika, Prosedur penilaian untuk keterampilan proses sains, pemecahan masalah, literasi sains, kemampuan generik sains, dan kemampuan berpikir tingkat tinggi, pengembangan tes standar dalam bidang Fisika
		c. Menguasai metode penelitian pendidikan fisika secara kuantitatif, kualitatif atau campuran berdasarkan permasalahan pendidikan fisika untuk memecahkan masalah dengan pendekatan inter atau multidisipliner	<ol style="list-style-type: none"> 1) Hakekat penelitian pendidikan fisika. 2) Prosedur identifikasi ,perumusan masalah dan penyusunan latar belakang penelitian. 3) Kajian referensi pustaka dan artikel pada jurnal nasional terakreditasi dan internasional bereputasi 4) Metode dan desain penelitian, pengembangan instrument, Teknik pengumpulan data, dan analisis data dalam penelitian kuantitatif (eksperimental dan non eksperimental), kualitatif (studi kasus, <i>grounded theory</i>, etnografi, fenomenologi, analisis isi), mixed method (Desain eksplanatori, exploratori, triangulasi, embeded), dan Research & Development (R & D) 5) Teknik penulisan artikel untuk publikasi pada jurnal nasional terakreditasi dan internasional bereputasi
4	Keterampilan Khusus	a. Melakukan, dan mengelola penelitian Pendidikan fisika untuk memecahkan	Merancang proposal penelitian dan melaksanakan penelitian dengan menggunakan pendekatan inter atau multidisipliner sehingga menghasilkan karya yang inovatif dan teruji, serta melaporkan hasil penelitiannya dalam bentuk tesis,

NO	Unsur KKNI	Capaian Pembelajaran Lulusan	Konten Minimum
		<p>masalah dengan menggunakan pendekatan inter atau multidisipliner sehingga menghasilkan karya inovatif dan teruji.</p> <p>b. Mempublikasikan karya ilmiah di jurnal nasional terakreditasi atau prosiding seminar internasional atau jurnal internasional.</p>	<p>Mempublikasikan karya ilmiah hasil penelitian atau hasil kajian dalam bentuk artikel di jurnal nasional terakreditasi, atau prosiding seminar internasional terindeks atau jurnal internasional.</p>

E. CPL DAN KONTEN MINIMUM UNTUK PROGRAM DOKTOR PENDIDIKAN FISIKA

NO	Unsur KKNI	Program Doktor	Konten minimum
1	Pengetahuan	<p>a. Mengembangkan keilmuan pendidikan fisika dengan menggunakan paradigma dan filsafat ilmu.</p> <p>b. Menguasai metode penelitian pendidikan fisika berdasarkan permasalahan pendidikan fisika untuk memecahkan masalah dengan pendekatan inter, multi dan transdisipliner.</p>	<p>1) Paradigma, filosofi, dan wawasan keilmuan pendidikan fisika</p> <p>2) Teori dan Psikologi Belajar</p>
			<p>1) Hakekat penelitian pendidikan fisika.</p> <p>2) Prosedur identifikasi ,perumusan masalah dan penyusunan latar belakang penelitian dengan pendekatan inter, multi dan transdisipliner.</p> <p>3) Kajian referensi pustaka dan artikel pada jurnal nasional terakreditasi dan internasional bereputasi</p> <p>4) Metode dan desain penelitian, pengembangan instrumen, Teknik pengumpulan data, dan analisis data dalam penelitian kuantitatif, kualitatif, penelitian dan pengembangan, serta mixed methode</p> <p>5) Teknik penulisan artikel untuk publikasi pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi</p>
2	Keterampilan Khusus	c. Mengelola, memimpin dan mengembangkan penelitian	Merancang proposal penelitian, melaksanakan dan memimpin kegiatan penelitian Pendidikan fisika dengan menggunakan pendekatan inter, multi dan transdisipliner

NO	Unsur KKNi	Program Doktor	Konten minimum
		<p>pendidikan fisika untuk memecahkan masalah dengan menggunakan pendekatan inter, multi dan transdisipliner sehingga menghasilkan karya kreatif, original, dan teruji.</p>	<p>sehingga menghasilkan karya yang serta melaporkan hasil penelitiannya dalam bentuk disertasi.</p>
		<p>d. Mempublikasikan hasil penelitian pendidikan fisika pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi.</p>	<p>Mempublikasikan karya ilmiah hasil penelitian atau hasil kajian dalam bentuk artikel yang diterbitkan di jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi</p>



Lampiran 3. Kurikulum minimal S2 Pengajaran Fisika.

5a. Capaian Pembelajaran dan interpretasi KKNi Program Magister Pengajaran Fisika

Capaian pembelajaran jenjang 8 KKNi untuk program magister pengajaran fisika yang menjadi acuan dalam penyusunan konten minimum kurikulum program studi fisika terdiri atas uraian-uraian KKNi yang singkat. Oleh karena itu interpretasi terhadap uraian-uraian KKNi tersebut perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum penyusunan gambaran umum konten minimum kurikulum dilakukan. Pada Tabel 6 berikut, setiap uraian KKNi (kolom 2) diinterpretasikan kontennya (kolom 3) dan atas dasar interpretasi tersebut diungkapkan gambaran umum konten minimum kurikulum program studi (kolom 4).

No	Uraian KKNi	Interpretasi butir-butir KKNi	Gambaran Umum Konten minimum Kurikulum Program Studi Magister Pengajaran Fisika
1	2	3	4
1	Sikap		
a.	Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius	Mahasiswa yang terdaftar dalam program magister telah lulus dari program sarjana sehingga setiap mahasiswa program magister memiliki sepuluh sikap ini. Mata kuliah-mata kuliah dan kegiatan akademik dalam program magister akan memperkuat sikap ini.	Semua mata kuliah
b.	Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral, dan etika		
c.	Berkontribusi dalam peningkatan mutu kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan kemajuan peradaban berdasarkan Pancasila		
d.	Berperan sebagai warga negara yang bangga dan cinta tanah air, memiliki nasionalisme serta rasa tanggungjawab pada negara dan bangsa		
e.	Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, agama, dan kepercayaan, serta pendapat atau temuan orisinal orang lain		
f.	Bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan		
g.	Taat hukum dan disiplin dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara		
h.	Menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik		
i.	Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri		

j.	Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan		
2	Penguasaan Pengetahuan		
a.	Menguasai dan mendalami teori fisika klasik dan modern yang mendukung pengajaran dan pembelajaran pengajar	Penguasaan topik-topik pokok pada bidang-bidang mekanika klasik, listrik-magnet, termodinamika, dan fisika modern/ kuantum dan merupakan pendalaman serta kelanjutan dari materi yang dibahas di program sarjana sebelumnya.	Mata kuliah-mata kuliah wajib dengan topik-topik atau silabus terdapat pada Tabel 7.
b.	Menguasai metode matematika, komputasi, dan rangkaian analog dan digital serta teknologi informasi pendidikan untuk mendukung pengembangan pembelajaran fisika	Penguasaan topik-topik yang merupakan alat bantu pemahaman dan penyelesaian masalah fisika, khususnya yang berkaitan dengan pengajaran fisika	Mata kuliah-mata kuliah yang berkaitan dengan alat bantu/metode untuk mendukung pembelajaran fisika
c.	Memahami filosofi pendidikan, etika guru, dan pengajaran	Pendidik atau calon pendidik perlu memahami filosofi secara umum dan filosofi Pendidikan secara khusus serta etika profesi. Mahasiswa juga perlu memahami berbagai aspek pengajaran/pembelajaran seperti pendekatan pembelajaran, metode pengajaran klasik dan modern, serta asesmen pembelajaran.	Mata kuliah yang berkaitan dengan filosofi, etika dan pembelajaran fisika
2	Keterampilan Khusus		
a	Mampu merumuskan gejala dan masalah fisis melalui analisis berdasarkan hasil observasi dan eksperimen;	<ul style="list-style-type: none"> Praktikum yang mencakup konsep klasik dan modern, dengan memberikan terlebih dahulu metode eksperimen 	Mata kuliah praktikum

		(pengukuran, pengolahan data, analisis data)	
b	Mampu mengembangkan bahan ajar berupa modul, alat peraga pembelajaran dalam bentuk eksperimen atau simulasi berdasarkan konsep fisika, dan teknologi informasi pendidikan.	Penguasaan topik-topik yang berkaitan dengan bidang-bidang keahlian fisika maupun "tools" yang mendukung pengembangan bahan ajar. Kemampuan berkerja sama dalam riset	Mata kuliah-mata kuliah yang berkaitan dengan topik-topik peminatan khusus dan proyek akhir.
c	Mampu mengelola riset yang terkait dengan pembelajaran fisika dan mengembangkan keilmuan fisika atau fisika terapan untuk menghasilkan model/metode/teori yang teruji dan inovatif, serta mempublikasikannya pada forum atau jurnal ilmiah pada tingkat nasional/internasional.		Proyek akhir
3	Keterampilan Umum		
a	Mampu mengembangkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan kreatif melalui penelitian ilmiah, penciptaan desain atau karya seni dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan bidang keahliannya, menyusun konsepsi ilmiah dan hasil kajian berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam bentuk proyek akhir atau bentuk lain yang setara, dan diunggah dalam laman perguruan tinggi, serta makalah yang telah diterbitkan di jurnal ilmiah terakreditasi atau diterima di jurnal internasional		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir
b	Mampu melakukan validasi akademik atau kajian sesuai bidang keahliannya dalam menyelesaikan masalah di masyarakat atau industri yang relevan melalui pengembangan pengetahuan dan keahliannya		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir
c	Mampu menyusun ide, hasil pemikiran, dan argumen saintifik secara bertanggung jawab dan berdasarkan etika akademik, serta mengkomunikasikannya melalui media kepada masyarakat akademik dan masyarakat luas		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir

d	Mampu mengidentifikasi bidang keilmuan yang menjadi obyek penelitiannya dan memposisikan ke dalam suatu peta penelitian yang dikembangkan melalui pendekatan interdisiplin atau multidisiplin		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir
e	Mampu mengambil keputusan dalam konteks menyelesaikan masalah pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora berdasarkan kajian analisis atau eksperimental terhadap informasi dan data		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir
f	Mampu mengelola, mengembangkan dan memelihara jaringan kerja dengan kolega, sejawat di dalam lembaga dan komunitas penelitian yang lebih luas		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir
g	Mampu meningkatkan kapasitas pembelajaran secara mandiri		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir
h	Mampu mendokumentasikan, menyimpan, mengamankan, dan menemukan kembali data hasil penelitian dalam rangka menjamin kesahihan dan mencegah plagiasi		Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir

5b. Uraian Capaian Pembelajaran ke Silabus Mata Kuliah Wajib Program Magister Pengajaran Fisika

Capaian pembelajaran program magister pengajaran fisika menurut jenjang 8 KKNI diterjemahkan dalam bentuk silabus melalui Gambaran Umum Konten minimum Kurikulum Program Studi Magister Pengajaran Fisika yang terdapat pada kolom paling kanan Tabel 6 di atas. Silabus yang disusun dalam dokumen ini menjadi acuan bagi pengelola program studi magister pengajaran fisika dalam menyusun kurikulum.

No	Capaian Pembelajaran Level 8 Sains Fisika	Silabus Kuliah Wajib
1	2	3
1	Sikap	
	Capaian a-j	Semua mata kuliah
2	Penguasaan Pengetahuan	
a.	Menguasai dan mendalami teori fisika klasik dan modern yang mendukung pengajaran dan pembelajaran pengajar.	<ul style="list-style-type: none"> Mekanika klasik: Kinematika dan dinamika, sistem konservatif, hukum kekekalan, gaya sentral, mekanika sistem partikel, mekanika Lagrange. Fluida: Fluida Statik dan Fluida Dinamik Termodinamika dan mekanika statistik: Suhu, kalor dan hukum-hukum termodinamika, teori kinetik gas, prinsip ekipartisi energi, fungsi distribusi Elektrostatik: medan listrik, hukum Coulomb, hukum Gauss, potensial listrik, energi potensial listrik, menghitung potensial (persamaan Poisson dan Laplace), konduktor, kapasitor; bahan dielektrik: electric displacement, hukum Gauss dalam bahan dielektrik;

		<ul style="list-style-type: none"> • Magnetostatik: hukum gaya Lorentz, hukum Biot-Savart, hukum Ampere; magnetostatik dalam bahan; • Medan dinamis: gaya elektromotiv, hukum Faraday, arus bolak balik, persamaan Maxwell; • Gelombang: gelombang mekanik dan elektromagnetik • Teori relativitas khusus: Kerangka inersia, transformasi Galileo, dan transformasi Lorentz; Dilasi waktu, kontraksi panjang, paradoks kembar, efek Doppler; penjumlahan kecepatan, energi, massa, dan momentum relativistik, pengantar teori relativitas umum • Mekanika kuantum: Dualisme gelombang-partikel; Teori atom; Operator dan harga ekspektasi, Persamaan Schrodinger dan aplikasinya, atom hidrogen, atom berelektron banyak, mekanika statistik; zat padat, Inti dan radioaktivitas; Partikel elementer.
b.	Menguasai metode matematika, komputasi, dan rangkaian analog dan digital serta teknologi informasi pendidikan untuk mendukung pengembangan pembelajaran fisika	<p>Matematika:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vektor, matriks dan determinan, sistem koordinat ortogonal (kartesian, silinder, dan bola), diferensial parsial, integral ganda, bilangan dan variable kompleks, deret Fourier dan transformasi fourier, persamaan diferensial biasa <p>Komputasi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Akar-akar persamaan, matriks dan sistem persamaan linear, optimisasi dan curve fitting serta interpolasi, integrasi dan differensiasi, persamaan diferensial biasa, pemrograman dengan macro excel <p>Rangkaian analog dan digital</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rangkaian setara dan pembebanan: Hukum Ohm, hukum Kirchhoff, pembagi tegangan dan pembagi arus, rangkaian setara Thevenin, rangkaian setara Norton, sifat-sifat kapasitor, Kurva pembebanan. • Bahan semikonduktor dan aplikasinya dalam sistem pengolahan isyarat. • Operasional Amplifier: Sistem penguat dengan menggunakan op-amp, invertng, non-inverting, filter pasif 1D dengan menggunakan RC, jenis-jenis filter, plot Bode, filter aktif orde 1 dengan opamp, sistem kontrol frekuensi, penguat dengan transistor, • Rangkaian Digital: komparator dengan op-amp; Sistem bilangan biner, logika matematika; Gerbang dasar dari rangkaian digital, Aplikasi rangkaian digital sederhana, memori, half adder, full adder, multiplexer, demultiplexer, latch, decoder, encoder, counter, register; Multivibrator: astabil, bistabil, monostable.
c.	Memahami filosofi pendidikan, etika guru, dan pengajaran	<ul style="list-style-type: none"> • Filosofi umum, filosofi pendidikan, filosofi Pendidikan Ki Hajar Dewantara, sains dan metode ilmiah. • Etika Profesi Guru: Profesi, ciri-ciri profesi, profesi guru, etika kerja guru, etos kerja guru, Kode etik guru. • Pendekatan pembelajaran, metode pembelajaran klasik dan modern, serta strategi dan teknik pengajaran, • Research Based Learning (RBL) dan pembelajaran berbasis inkuiri yang lain. • Kurikulum Fisika: perkembangan kurikulum Fisika SMP dan SMA di Indonesia dan dunia. Kurikulum Fisika SMP dan SMA yang sedang berlaku. • Persiapan pengajaran, penyusunan RPP, dan asesmen

3	Keterampilan Khusus	
a	Mampu merumuskan gejala dan masalah fisis melalui analisis berdasarkan hasil observasi dan eksperimen;	<ul style="list-style-type: none"> Praktikum: metode eksperimen tentang Dasar Pengukuran dan Pengolahan Data, eksperimen fisika klasik seperti pesawat Atwood, resonansi gelombang bunyi, arus bolak-balik, efek termal dan eksperimen yang fisika modern seperti difraksi elektron, optika laser, radioaktivitas.
b	Mampu mengembangkan bahan ajar berupa modul, alat peraga pembelajaran dalam bentuk eksperimen atau simulasi berdasarkan konsep fisika, dan teknologi informasi pendidikan.	<ul style="list-style-type: none"> Mata kuliah-mata kuliah yang berkaitan dengan topik-topik peminatan khusus dan proyek akhir.
c	Mampu mengelola riset yang terkait dengan pembelajaran fisika dan mengembangkan keilmuan fisika atau fisika terapan untuk menghasilkan model/metode/teori yang teruji dan inovatif, serta mempublikasikannya pada forum atau jurnal ilmiah pada tingkat nasional/ internasional.	Mata kuliah praktikum, mata kuliah dengan tugas bersifat inquiry/problem/project/case based, dan proyek akhir
4	Keterampilan Umum	
	Capaian a-h	Mata kuliah-mata kuliah wajib, pilihan/bidang minat, dan proyek akhir