

# **MODUL GURU PEMBELAJAR**

**MATA PELAJARAN FISIKA  
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

## **KELOMPOK KOMPETENSI J**

**PEDAGOGI:  
PENELITIAN TINDAKAN KELAS**

**Penulis:  
Drs. Dadan Muslih, M.T.**

**PROFESIONAL:  
FISIKA INTI DAN RADIO AKTIVITAS**

**Penulis:  
Drs. Dadan Muslih, M.T.**



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
TAHUN 2016



# **MODUL GURU PEMBELAJAR**

**MATA PELAJARAN FISIKA  
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

**KELOMPOK KOMPETENSI J**

## **PENELITIAN TINDAKAN KELAS (PTK)**

**Penulis:  
Drs. Dadan Muslih, M.T.**



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
TAHUN 2016



# **MODUL GURU PEMBELAJAR**

**MATA PELAJARAN FISIKA  
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

**KELOMPOK KOMPETENSI J**

# **PENELITIAN TINDAKAN KELAS (PTK)**

**Penulis:**

**Drs. Dadan Muslih, M.T.**



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

# MODUL GURU PEMBELAJAR

## MATA PELAJARAN FISIKA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

### KELOMPOK KOMPETENSI J

# PENELITIAN TINDAKAN KELAS (PTK)

Penanggung Jawab

***Dr. Sediono Abdullah***

Penyusun

***Dr. Dadan Muslih, M.T.***    022-4231191    ***teratai\_putih@ymail.com***

Penyunting

***Drs. Iwan Heryawan, M.Si.***

Penelaah

***Prof. Triyanta***

Penata Letak

***Nurul Atma Vita, S.Pd.***

Copyright © 2016

*Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA),*

*Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

*Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*

## KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogi dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, dalam jaringan atau daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut



adalah modul untuk program Guru Pembelajar tatap muka dan Guru Pembelajar online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Guru Pembelajar memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Guru Pembelajar ini untuk mewujudkan “Guru Mulia Karena Karya.”

Jakarta, Februari 2016

Direktur Jenderal

Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D.

NIP. 195908011985031002

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Guru Pembelajar disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru paska UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Guru Pembelajar untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.



Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau ke: p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara, Staf PPPPTK IPA, Dosen, Guru, dan Kepala Sekolah serta Pengawas Sekolah yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan kompetensi guru IPA di Indonesia.

Bandung, April 2016  
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.  
NIP. 195909021983031002





## DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	V
DAFTAR ISI	Vii
DAFTAR GAMBAR	Viii
DAFTAR TABEL	Ix
<b>PENDAHULUAN</b>	
	<b>1</b>
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul	3
<b>KEGIATAN PEMBELAJARAN</b>	
I. <b>PENELITIAN TINDAKAN KELAS</b>	<b>5</b>
A. Tujuan	5
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktivitas Pembelajaran	25
E. Latihan/Kasus/Tugas	26
F. Rangkuman	29
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	30
II. <b>KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: PENYUSUNAN PROPOSAL PENELITIAN TINDAKAN KELAS</b>	<b>31</b>
A. Tujuan	31
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	31
C. Uraian Materi	31
D. Aktivitas Pembelajaran	41
E. Latihan/Kasus/Tugas	43
F. Rangkuman	44
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	44



KUNCI JAWABAN	45
EVALUASI	47
PENUTUP	49
DAFTAR PUSTAKA	51
GLOSARIUM	53

## DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 2.1	Contoh pokok-pokok rencana kegiatan	39
Tabel 2.2	Contoh jadwal penelitian	41



## DAFTAR GAMBAR

		Hal
<b>Gambar 1</b>	Diagram alur peta kompetensi materi PTK	2
<b>Gambar 1.1</b>	Bagan perancangan PTK model Lewin	15
<b>Gambar 1.2</b>	Bagan perancangan PTK model menurut Kemmis dan Taggart	17
<b>Gambar 1.3</b>	Bagan rancangan PTK model John Elliot	19
<b>Gambar 1.4</b>	Bagan perancangan PTK secara umum	20
<b>Gambar 1.5</b>	Ragam teknik pengambilan data	24
<b>Gambar 2.1</b>	Bagan rancangan PTK secara umum	32

# PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Guru atau pendidik sebagai praktisi profesional yang berhubungan langsung saling berinteraksi dengan peserta didik atau siswa, tentu secara nasional merupakan ujung tombak dari setiap arah kebijakan pendidikan di Indonesia. Materi yang berhubungan langsung dengan masalah pengembangan pedagogi di kelas harus diupayakan terus digali dan dikembangkan.

Dalam upaya pengembangan berinteraksi di kelas tersebut, tentu diperlukan reaktulisasi pembelajaran melalui berbagai modifikasi atau adaptasi dari; pendekatan, model, metode, strategi dan teknik penyajian yang bervariasi disesuaikan dengan bakat, minat, perkembangan mental siswa, dan tentu penyesuaian-penyesuaian dengan media teknologi yang berkembang pada saat ini.

Untuk memecahkan dan mengatasi permasalahan kelas itu semua, secara akademik tentu haruslah bersandar pada metodologi yang diakui secara nasional maupun internasional. *Research Methodology* atau metodologi penelitian, baik modern maupun tradisional untuk memecahkan berbagai masalah telah diakui keunggulannya. Materi Penelitian Tindakan Kelas (PTK) adalah bagian dari riset modern yang berbasis pada inquiri telah menjadi tolak ukur dalam menggali pengetahuan untuk bertindak melakukan perbaikan-perbaikan terhadap masalah-masalah yang berdimensi ril dengan fakta langsung dari pengalaman guru berinteraksi dengan siswa. Oleh karenanya sangat sesuai sekali metodologi penelitian tindakan kelas ini untuk dikuasai oleh seorang pendidik maupun para praktisi profesional yang berkiprah dalam dunia pengembangan pendidikan. Pengetahuan PTK adalah pengetahuan umum yang mudah diperoleh dari



berbagai sumber, namun sebagai bahan yang secara teknis terkait langsung dengan contoh-contoh penerapan dalam pembelajaran, ataupun untuk sekedar berbagi pengalaman, tentunya modul ini mudah-mudahan dapat membantu Anda.

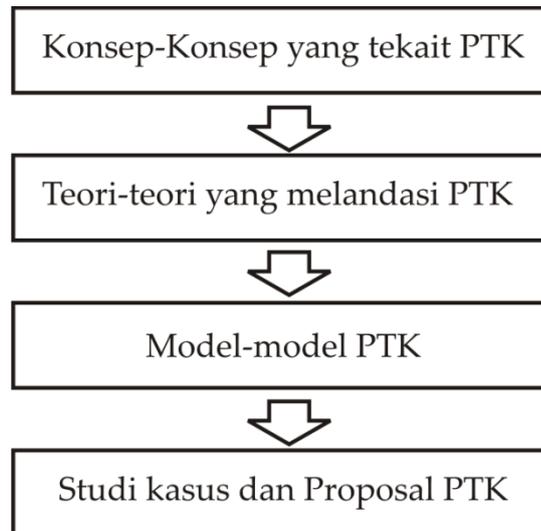
## **B. Tujuan**

Secara garis besar, bahwa setelah membaca modul ini diharapkan pembaca dapat:

Menerapkan PTK dalam mengatasi masalah-masalah keseharian dalam berinteraksi dengan siswa dan diharapkan pula setelah membaca dan mempelajari modul ini pembaca tergugah untuk mengembangkan diri secara profesional untuk melakukan penelitian tindakan kelas yang berkualitas.

## **C. Peta Kompetensi**

Peta kompetensi yang menjadi acuan dalam mempelajari modul pedagogi dengan topik penelitian tindakan kelas ini, gambaran peta konsep hingga tercapainya kompetensi yang diharapkan digambarkan dalam bentuk urutan penguasaan konsep seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1: Diagram alur peta kompetensi materi PTK

#### D. Ruang Lingkup

Dalam modul PTK ini, ruang lingkup pembelajarannya terdiri atas; pembelajaran-1 yang meliputi penguasaan dasar-dasar PTK, teori-teori PTK, prosedur atau metodologi PTK, dan pembelajaran-2 adalah pembelajaran tentang bagaimana menyusun sebuah proposal PTK dari contoh studi kasus yang telah dialami pendidik/guru selama berinteraksi dengan siswa.

#### E. Saran Cara Penggunaan Modul

Untuk menguasai seluruh materi PTK dalam yang dibahas dalam modul ini, strategi untuk menguasai konsep-konsepnya adalah dengan cara mencoba setiap persoalan-persoalan yang berhubungan dengan teori dan konsep-konsep PTK dilakukan penyelesaian. Kemudian dibandingkan dan dikaji kesesuaiannya dengan kunci jawaban yang disajikan. Selain itu, cobalah menelaah dari setiap contoh studi kasus yang dicontohkan, kemudian mencoba dengan pendapatnya sendiri dikembangkan ke pembuatan judul PTK untuk masalah Anda sendiri yang terkait dengan pengembangan pembelajaran ataupun pengembangan kualitas sekolah anda. Akhirnya penulis, mengucapkan selamat belajar dan mencoba menyusun PTK.



# KEGIATAN PEMBELAJARAN

## PENELITIAN TINDAKAN KELAS (PTK)

### A. Tujuan

Setelah membaca dan mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat memahami konsep dasar tentang metodologi penelitian tindakan kelas dan menerapkannya dalam pemecahan masalah/kelas, khususnya dalam pembelajaran mata pelajaran fisika.

### B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Indikator hasil belajar yang diharapkan dicapai adalah:

1. menjelaskan pengertian PTK,
2. mendeskripsikan karakteristik PTK,
3. menjelaskan tujuan PTK,
4. menjelaskan prinsip PTK,
5. mendeskripsikan kegunaan melakukan PTK,
6. menjelaskan tahap tahap melakukan PTK,
7. mendeskripsikan keunggulan dan keterbatasan PTK,
8. menerapkan PTK dalam kontek masalah pembelajaran fisika.

### C. Uraian Materi

Untuk suatu definisi PTK yang mungkin sangat bermakna, penulis mengambil definisi dari Mill sebagai berikut.

*“Action research is systematic inquiry done by teachers (or other individuals in an educational setting) to gather information about, and subsequently improve, the ways their particular educational setting operates, how they teach, and how well their students learn (Mills, 2000)”.*



"Penelitian Tindakan adalah penyelidikan/inquiri sistematis yang dilakukan oleh guru (atau orang lain dalam lingkungan pendidikan/pembelajaran) untuk mengumpulkan tentang sesuatu informasi, untuk meningkatkan, untuk mencari tahu tentang cara khusus menetapkan tugas pelaksanaan pendidikan/pembelajaran, tentang bagaimana mengajar, dan tentang bagaimana supaya siswa belajar dengan baik (Mill, 2000).

Penelitian tindakan pertama kali dikembangkan oleh *Kurt Lewin* pada tahun 1940-an. Ia seorang ahli Psikologi Sosial dan Experimental, salah satu penemu Sekolah Gestalt. Ia peduli dengan masalah-masalah sosial, dan memfokuskannya pada proses-proses kelompok partisipatif untuk menangani konflik, krisis, dan perubahan-perubahan yang umumnya ada dalam suatu organisasi.

Lewin pertama kali mengemukakan istilah "*action research*" (penelitian tindakan) yang ditulis pada makalahnya (1946) yang antara lain berjudul *Action Reseach and Minority Problems; Characterizing Action Reseach as "a comparative reseach on the conditions and effect of various forms of social action and reseach leading to social action.*

Ahli lainnya yang berkontribusi utama pada bidang penelitian ini adalah Eric Trist (ahli psikiatri sosial). Lewin dan Trist mengaplikasikan penelitian mereka pada perubahan sistem yang ada dalam atau antar organisasi-organisasi. Mereka menekankan keprofesionalannya dan berkolaborasi dengan klien untuk menguatkan peran hubungan kelompok sebagai dasar untuk pemecahan masalah. Dalam beberapa dekade, penelitian tindakan ini dilupakan orang karena dianggap kurang ilmiah, namun pada pertengahan tahun 1970-an, bidang ini berkembang dan memunculkan empat aliran utama, yaitu aliran tradisional, *contextual (action learning)*, *radical*, dan penelitian tindakan yang berhubungan dengan pendidikan.

Pada akhir-akhir ini, penelitian tindakan yang berhubungan dengan pendidikan dan bertujuan untuk memperbaiki/meningkatkan cara pengajaran guru di kelas dikenal dengan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dan mulai



berkembang dengan pesat, terutama di negara-negara maju, seperti Amerika, Inggris, dan Australia, serta di Indonesia sendiri mulai diperkenalkan pada tahun 1990-an dan sampai sekarang menjadi makin banyak diminati oleh kalangan pendidik. Oleh karena itu, pengetahuan tentang PTK makin diperlukan.

## 1. Pengertian Penelitian Tindakan Kelas

Penelitian Tindakan Kelas diambil dari istilah bahasa Inggris *Classroom Action Research* (CAR). Dalam istilah tersebut terdapat tiga kata kunci, yaitu (1) penelitian, (2) tindakan, dan (3) kelas. Suharsimi (2006:2) menyatakan bahwa penelitian merujuk pada suatu kegiatan dengan menggunakan cara dan aturan metodologi tertentu untuk memperoleh data atau informasi yang bermanfaat dalam meningkatkan mutu suatu hal yang menarik minat dan penting bagi peneliti. Penelitian pada dasarnya merupakan suatu kegiatan ilmiah untuk memperoleh pengetahuan yang benar tentang suatu masalah. Pengetahuan yang diperoleh dari penelitian terdiri atas fakta, konsep, generalisasi, dan teori yang memungkinkan manusia dapat memahami fenomena dan memecahkan masalah yang dihadapinya. Kegiatan ilmiah untuk memperoleh pengetahuan yang benar (yang bersifat relatif) sebagai penyempurnaan pengetahuan sebelumnya telah dilaksanakan oleh para peneliti dan ilmuwan dalam bidang ilmunya masing-masing. Secara akumulatif hasil penelitian memberikan an sumbangan penting bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam berbagai bidang. Di samping itu, hasil penelitian juga telah memungkinkan manusia dapat lebih baik memecahkan masalah-masalah praktis yang dihadapi dalam hidupnya.

Kata kunci kedua dalam terminologi PTK (CAR) adalah Tindakan. Pengertian Tindakan merujuk pada suatu gerak kegiatan yang disengaja dilakukan dengan tujuan tertentu. Dalam PTK, tindakan berbentuk rangkaian siklus kegiatan untuk siswa. Kata kunci ketiga dalam PTK, adalah Kelas. Pengertian Kelas, tidak terikat pada pengertian ruang kelas secara sempit, namun dalam konteks ini kelas merujuk pada pengertian sekelompok siswa yang dalam waktu yang sama menerima pelajaran yang sama dari guru yang sama pula. Dengan demikian, Kelas adalah sekelompok siswa yang sedang belajar.



(Suharsimi, dkk, 2006:3). Sedangkan Siregar (2005:8) mengemukakan bahwa istilah kelas dalam PTK merujuk pada proses belajar mengajar (PBM).

Dengan merujuk pada tiga kata kunci tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian tindakan kelas merupakan suatu pencermatan terhadap kegiatan belajar berupa tindakan, yang sengaja dimunculkan dan terjadi dalam sebuah kelas bersama. Lebih lanjut Suharsimi (2006:4) menyebutkan istilah Penelitian Tindakan Kelas dipahami sebagai Penelitian Tindakan.

Pengertian tentang Penelitian Tindakan Kelas diajukan oleh banyak ahli, namun dalam modul ini hanya beberapa pendapat ahli saja yang akan dikemukakan. Hopkin (1993: 1), mengemukakan bahwa, penelitian tindakan kelas adalah tindakan yang diambil guru untuk meningkatkan dirinya atau teman sejawatnya untuk menguji asumsi-asumsi teori pendidikan di dalam praktik, atau mempunyai makna sebagai evaluasi dan implementasi keseluruhan prioritas sekolah. Guru dalam melaksanakan penelitian kelas pada dasarnya memperluas perannya termasuk di dalamnya melakukan refleksi kritis terhadap tugas profesionalnya. Dengan demikian, guru yang melakukan penelitian di dalam kelas atau menyangkut praktik pembelajaran, guru dapat meningkatkan tanggungjawabnya terhadap praktik yang mereka lakukan, dan menciptakan lingkungan yang lebih dinamis dan menarik dalam praktik pembelajaran.

Lewin (1947) dalam Hopkin (1993) menyatakan definisi penelitian tindakan sebagai tiga tahap proses spiral tentang: (1) perencanaan yang meliputi penelitian pendahuluan (*reconnaissance*), (2) pengambilan tindakan, dan (3) pengambilan data (*fact-finding*) tentang hasil tindakan yang dilakukan. Sedangkan Corey (1953) menyatakan penelitian tindakan merupakan proses yang dilakukan oleh praktisi dalam usahanya untuk mempelajari masalah yang ditemuinya dalam melaksanakan tugas secara ilmiah untuk pembimbingan, perbaikan, dan pengevaluasian keputusan dan tindakannya. Glickman (1992) merumuskan penelitian tindakan dalam pendidikan sebagai studi yang dilakukan teman sejawat di sekolah sebagai hasil dari aktivitas yang dilakukannya untuk memperbaiki pengajaran. Calhoun (1994)



menyatakan bahwa penelitian tindakan adalah cara yang menarik (*fancy*) untuk mengajak mempelajari hal-hal yang terjadi di dalam sekolah dan menentukan cara membuat suasana menjadi lebih baik. Carr dan Kemmis (1996) mengenalkan istilah *Educational Action Research*, yang selanjutnya dikenal dengan nama *Classroom Action Research (CAR/Penelitian Tindakan Kelas)*. Penelitian Tindakan Kelas muncul sebagai reaksi terhadap kekurangpedulian peneliti pendidikan terhadap masalah-masalah nyata yang dialami guru di dalam kelas. Selama ini penelitian-penelitian pendidikan kurang banyak bermanfaat, karena bersifat abstrak, teoritis, dan kurang tampak hasilnya di sekolah. Dalam penelitian-penelitian pendidikan, guru kurang dilibatkan, sering kali guru dijadikan obyek penelitian, guru yang diteliti tidak pernah mendapat balikan tentang berhasil tidaknya pembelajaran yang ia lakukan. Sedangkan Rustam Mundilarto (2004:1) mengemukakan bahwa PTK adalah sebuah mengemukakan penelitian yang dilakukan oleh guru di kelasnya sendiri dengan jalan merancang, melaksanakan, dan merefleksikan tindakan secara kolaboratif dan partisipatif dengan tujuan untuk memperbaiki kinerjanya sebagai guru sehingga hasil belajar siswa dapat meningkat.

Berdasarkan berbagai definisi yang diajukan oleh berbagai ahli tentang penelitian tindakan (kelas atau di dalam pendidikan), dapat kita kemukakan bahwa pada dasarnya semua definisi tersebut menyebutkan tentang tindakan yang dilakukan di dalam pembelajaran, dilakukan oleh guru dan teman sejawatnya, bertujuan untuk memperbaiki keputusan dan/atau tindakan yang dilakukan sebelumnya. Penelitian tindakan dikenal dengan beberapa nama, diantaranya penelitian *participatory*, *inkuiri kolaborasi*, *penelitian emansipatory dan action learning*, perbedaannya terletak pada temanya

Secara sederhana, penelitian tindakan merupakan *learning by doing*, dimana sekelompok orang mengidentifikasi masalah, melakukan sesuatu kegiatan untuk melakukan pemecahan masalah, mengkaji keberhasilan upaya-upaya mereka, dan jika tidak memuaskan, mereka mencoba melakukan pemecahan masalah kembali. ( O'Brien, 1998:2)



Dari berbagai pengertian di atas, maka penelitian tindakan dalam konteks pendidikan dan atau dalam konteks pembelajaran dapat dinyatakan sebagai berikut :

Penelitian tindakan dalam konteks pembelajaran dikenal dengan nama Penelitian Tindakan Kelas (PTK), yaitu suatu upaya dari berbagai pihak terkait, khususnya guru sebagai pengajar untuk meningkatkan atau memperbaiki proses belajar mengajar ke arah tercapainya tujuan pendidikan atau pembelajaran itu sendiri. Masalah penelitiannya bersumber dari lingkungan kelas yang dirasakan sendiri oleh guru untuk diperbaiki, dievaluasi, dan akhirnya dibuat suatu keputusan dan dilaksanakan suatu tindakan untuk memperbaiki masalah yang ditemukan dalam pembelajaran tersebut.

Jadi sebenarnya penelitian tindakan itu secara alamiah telah dilaksanakan oleh guru dalam melaksanakan tugasnya sehari-hari. Namun demikian, hal itu tidak secara otomatis dapat dikatakan penelitian tindakan, sebab ciri utama penelitian tindakan terletak pada perencanaan yang matang.

## 2. Karakteristik Penelitian Tindakan Kelas (PTK)

Setiap penelitian memiliki ciri-ciri tertentu yang membedakannya dari penelitian lainnya. Dari beberapa literatur yang sangat terbatas, penulis mengidentifikasi beberapa karakteristik Penelitian Tindakan Kelas, yaitu sebagai berikut.

- a. Masalah yang diangkat untuk dipecahkan melalui PTK harus berasal dari persoalan praktik pembelajaran sehari-hari yang dihadapi oleh guru. Permasalahan penelitian hendaknya bersifat kontekstual dan spesifik.
- b. Tujuan utama PTK adalah untuk meningkatkan/memperbaiki praktik-praktik pembelajaran secara langsung daripada menghasilkan pengetahuan.
- c. Penelitian Tindakan Kelas (PTK) berlingkup mikro, dilakukan dalam lingkup kecil, bisa satu kelas atau beberapa kelas di suatu sekolah tertentu, sehingga tidak terlalu menghiraukan kerepresentatifan sampel. Istilah sampel dan populasi tidak diperlukan dalam PTK ini, karena hasil PTK tidak untuk digeneralisasikan.



- d. Hasil temuan PTK adalah pemahaman mendalam mengenai kehidupan kelas.
- e. Penelitian Tindakan Kelas (PTK) bersifat praktis dan langsung relevan untuk situasi yang aktual di dalam dunia kerja atau dunia pendidikan.
- f. Pada PTK, peneliti sebagai guru tetap melaksanakan tugasnya sehari-hari mengajar di kelas dan guru sebagai peneliti dapat melakukan perubahan-perubahan atau pemecahan masalah untuk perbaikan atau peningkatan pembelajaran.
- g. Penelitian Tindakan Kelas (PTK) termasuk jenis penelitian terapan yang melibatkan peneliti secara aktif mulai dari pembuatan rancangan penelitian, rencana tindakan, sampai pada penerapannya dengan modifikasi intervensi yang sesuai dengan perkembangan kelas.
- h. Penelitian Tindakan Kelas (PTK) bersifat fleksibel dan adaptif, membolehkan peneliti mengadakan perubahan-perubahan selama dalam masa penelitian dan mengorbankan kontrol demi kepentingan pelaksanaan *on the spot experimentation* dan inovasi.
- i. Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dapat dilaksanakan secara kolaboratif, yaitu kerja sama antara teman sejawat, atau kepala sekolah, dan pakar pendidikan, untuk berbagi kepakaran dan atas pemahaman terhadap kelebihan masing-masing. PTK dapat juga dilakukan secara individual (oleh seorang peneliti), dan atau dalam bentuk tim.
- j. 10. Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dilaksanakan dengan langkah-langkah berupa siklus yang sistematis, dengan urutan dari perencanaan, pelaksanaan tindakan, pengamatan, dan refleksi.

### 3. Tujuan Penelitian Tindakan Kelas

Tujuan penelitian tindakan kelas banyak dikemukakan oleh banyak ahli, namun berikut ini hanya beberapa pendapat yang dikemukakan. Hopkin (1993:44) mengemukakan tujuan PTK adalah untuk: (1) memberikan kontribusi terhadap pemecahan permasalahan praktis dan pengembangan keprofesian guru (terutama dalam menerapkan teori ke dalam praktik mengajar); (2) untuk memberikan pengetahuan, pemahaman dan wawasan yang akan memberikan kepekaan kepada guru bagaimana siswanya belajar dalam mata pelajaran tertentu. Sedangkan Mc Niff (1992) mengemukakan



bahwa tujuan PTK adalah untuk perbaikan. Kata perbaikan di sini mengacu dan memiliki konteks proses pembelajaran di kelas. Dengan demikian tujuan utama dari PTK adalah untuk peningkatan dan atau perbaikan praktik pembelajaran yang seharusnya dilakukan oleh guru.

Suyanto (1996) menjelaskan bahwa PTK merupakan salah satu cara yang strategis bagi guru untuk meningkatkan diri atau memperbaiki layanan pendidikan dalam konteks pembelajaran di kelas. Tujuan ini dapat tercapai apabila guru melakukan berbagai tindakan alternatif dalam memecahkan berbagai persoalan pembelajaran di kelas. Tujuan iringan dari PTK ini adalah terjadinya proses latihan bagi guru dalam jabatan selama proses penelitian tindakan berlangsung. Zainal Aqib (2006:18) mengemukakan juga bahwa PTK merupakan cara yang strategis bagi guru untuk memperbaiki layanan kependidikan yang harus diselenggarakan dalam konteks pembelajaran di kelas dan peningkatan kualitas program sekolah secara keseluruhan. Dengan demikian, guru akan mendapatkan banyak pengalaman tentang keterampilan praktik pembelajaran, dan bukan bertujuan untuk mendapatkan ilmu baru.

#### **4. Prinsip-prinsip Pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas**

Hopkin (1993:57-59), mengemukakan enam prinsip yang harus diperhatikan oleh guru jika ia akan melaksanakan PTK, prinsip-prinsip itu adalah sebagai berikut.

- a. Penelitian Tindakan Kelas yang akan dilakukan guru hendaknya tidak mengganggu tugas utama guru dalam melaksanakan proses belajar mengajar.
- b. Metode pengumpulan data tidak menyita waktu guru.
- c. Metodologi yang digunakan harus reliabel untuk memungkinkan guru dapat mengembangkan PBM yang diterapkan di kelas tertentu.
- d. Masalah penelitian yang diambil hendaknya dapat dipecahkan oleh guru dan tidak terlalu kompleks.
- e. Pemecahan masalah hendaknya mengacu pada kebutuhan guru sebagai peneliti untuk memberikan perhatian pada prosedur-prosedur di lingkungan kerjanya.



- f. Jika memungkinkan penelitian dilakukan untuk meningkatkan upaya-upaya pada pencapaian tujuan/prioritas sekolah ke masa depan.

Suharsimi (2006:6) mengemukakan lima prinsip dalam melakukan penelitian tindakan (atau PTK), yaitu:

- a. Kegiatan nyata dalam Situasi Rutin

Penelitian Tindakan Kelas dilakukan oleh guru (peneliti) tanpa mengubah situasi rutin, karena kalau diubah akan menjadikan situasi belajar tidak wajar, oleh karena itu PTK tidak memerlukan waktu khusus, tidak mengubah jadwal pelajaran yang sudah ada. Hal yang dilaksanakan dalam PTK adalah yang terkait dengan profesi guru.

- b. Adanya Kesadaran Diri unuk Memperbaiki Kinerja

Penelitian Tindakan Kelas dilakukan karena adanya dorongan dan keinginan guru untuk selalu melakukan perbaikan atau peningkatan diri karena menyadari adanya kekurangan pada diri, tidak ada paksaan dari orang lain, tetapi harus atas dasar sukarela dan dengan senang hati.

- c. SWOT sebagai dasar berpijak

Penelitian tindakan hendaknya dimulai dari analisis kekuatan **S**-(*Strength*), kelemahan-**W** (*Weaknesses*), kesempatan-**O** (*Opportunity*), dan ancaman-**T** (*Treath*). Empat hal tersebut dilihat dari sudut guru yang melaksanakan dan siswa yang dikenai tindakan. Guru melihat kekuatan dan kelemahan yang ada pada diri sebagai peneliti dan subjek tindakan diidentifikasi dengan cermat sebelum mengidentifikasi yang lain. Sedangkan kesempatan dan acaman diidentifikasi dari luar diri guru dan siswa apakah ada resiko-resiko yang akan dihadapi jika penelitian dilakukan.

- d. Upaya Empirik dan Sistematis

Prinsip ini merupakan penerapan dari prinsip ketiga, dengan telah melakukan *SWOT* berarti sudah melakukan prinsip empirik (terkait dengan pengalaman) dan sistematis, berpijak pada unsur-unsur yang terkait dengan keseluruhan sistem pembelajaran (objek yang sedang digarap).



e. SMART

Ketika guru menyusun rencana tindakan, hendaknya mengingat hal-hal yang terkandung dalam SMART, **S**-spesifik: khusus, permasalahan tidak terlalu umum; **M**-manageble, dapat dikelola, dilaksanakan. *Penelitian* tindakan kelas hendaknya tidak sulit, baik dalam menentukan lokasi, mengumpulkan hasil, mengoreksi, atau kesulitan dalam bentuk lain; **A**-*Acceptable*; artinya dapat diterima, dalam konteks ini dapat diterima oleh subjek yang dikenai tindakan, artinya siswa tidak mengeluh gara-gara guru memberikan tindakan-tindakan tertentu dan juga lingkungan tidak terganggu. **R**-*Realistic*, operasional, tidak di luar jangkauan. Penelitian tindakan kelas tidak menyimpang dari kenyataan dan jelas bermanfaat bagi diri guru dan siswa. **T**-*Time-bound*, diikat oleh waktu, terencana, artinya tindakan-tindakan yang dilakukan terhadap siswa sudah tertentu jangka waktunya. Batasan waktu ini penting agar guru mengetahui bentuk hasil yang diberikan kepada siswanya.

## 5. Kegunaan Melaksanakan Penelitian Tindakan Kelas

Apabila guru melaksanakan penelitian tindakan kelas, guru akan banyak *memperoleh* manfaat. Manfaat dari PTK antara lain adalah sebagai berikut.

a. Inovasi Pembelajaran

Guru perlu mencoba mengubah, mengembangkan, dan meningkatkan gaya mengajarnya agar ia mampu melahirkan gaya dan model pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan kelasnya. Setiap tahun, *Guru* akan selalu berhadapan dengan siswa yang berbeda, karena itu, jika guru melakukan PTK yang dimulai dari persoalannya sendiri, dan menghasilkan pemecahannya sendiri, maka secara tidak langsung ia telah terlibat dalam proses inovasi pembelajaran.

b. Peningkatan Profesionalisme Guru

Mc Niff (1992:9) menyimpulkan bahwa dalam PTK guru ditantang untuk terbuka pada *pengalaman* dan proses-proses baru. Dengan demikian tindakan-tindakan dalam PTK merupakan pendidikan bagi guru dan secara tidak langsung dapat meningkatkan keprofesionalan mereka dalam proses pembelajaran di kelas.

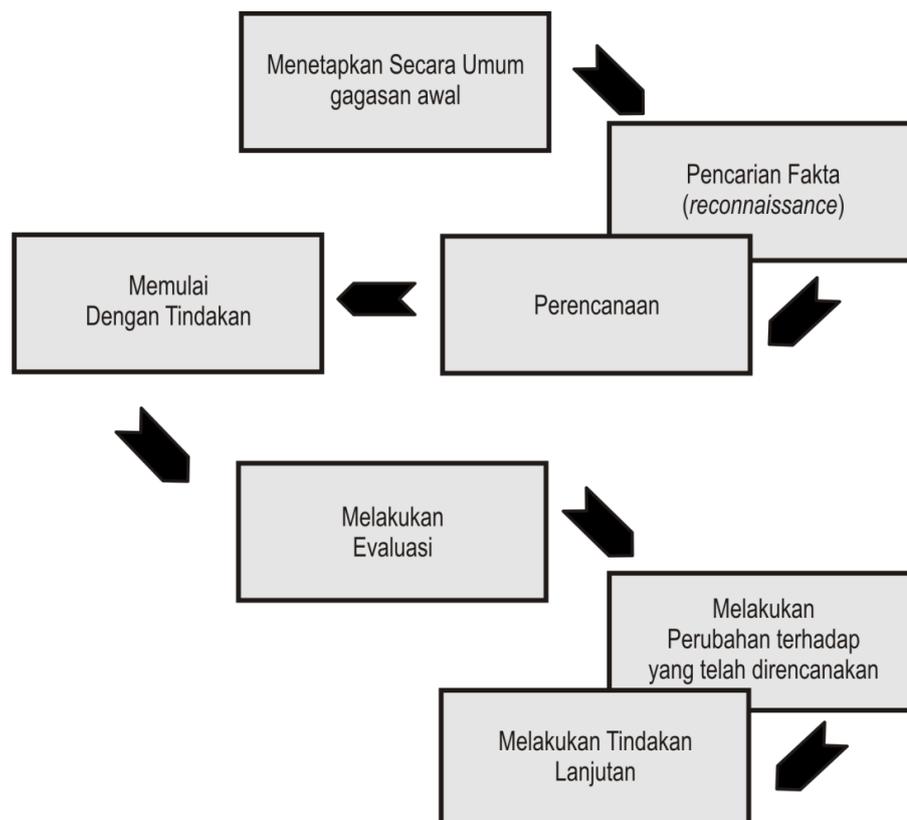
Guru yang profesional akan selalu mengkaji dan melakukan penilaian secara kritis terhadap praktik pembelajarannya. Apabila guru melihat kinerjanya sendiri, dan ia merefleksikan apa yang telah dilakukannya, lalu ia memperbaikinya, maka pada akhirnya guru akan mendapatkan otonominya secara profesional.

## 6. Tahapan Melakukan Penelitian Tindakan Kelas

Bagaimana melakukan PTK? untuk dapat melaksanakan PTK, sebaiknya Anda memahami dahulu model-model Rancangan PTK yang dikemukakan beberapa ahli berikut ini.

### a. Model-model Rancangan Penelitian Tindakan Kelas

Beberapa ahli mengemukakan model perancangan PTK, antara lain adalah : Model Kurt Lewin, Model Kemmis; Mc Taggart, John Elliot.



Gambar 1.1 Bagan perancangan PTK Model Lewin

<http://www.infed.org/thinkers/et-lewin.htm> (diakses Januari 2016)



1) *Model Rancangan Kurt Lewin*

Model rancangan PTK menurut Kurt Lewin ditafsirkan oleh Kemmis mencakup langkah-langkah menemukan gagasan awal yang dilanjutkan dengan menemukan fakta-fakta (*recoinnaisance*) yang selanjutnya dari fakta/data tersebut dianalisis mana yang menjadi prioritas masalah untuk dicari pemecahannya.

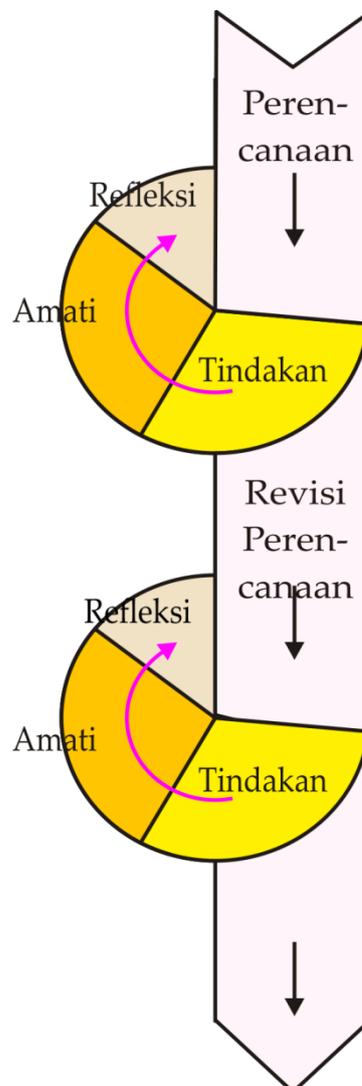
Langkah selanjutnya adalah menetapkan rencana umum semacam kerangka pemecahan masalah untuk ditindaklanjuti dengan tindakan pemecahan masalah berupa tahapan-tahapan atau langkah-langkah dalam melakukan implementasi tindakan di mana setiap tindakan yang dilakukan terus menerus dimonitor kemudian dilakukan evaluasi atas tindakan yang dilakukan untuk merencanakan implementasi tindakan berikutnya. Dalam bentuk bagan dasar, langkah spiral dari PTK Kurt Lewin ditunjukkan pada Gambar 1.

2) *Model Kemmis dan Mc. Taggart*

Model yang dikembangkan oleh Stephen Kemmis dan Robin Mc. Taggart tidak terlalu berbeda dengan model Kurt Lewin. Dikatakan demikian karena di dalam satu siklus atau putaran terdiri atas empat komponen seperti yang dilaksanakan Lewin. Keempat komponen tersebut adalah :

- (a) Perencanaan (*planning*),
- (b) tindakan (*acting*);
- (c) Observasi (*observation*), dan
- (d) refleksi (*reflection*).

Sesudah satu siklus tindakan selesai diimplementasikan, khususnya sesudah ada refleksi, diikuti dengan adanya perencanaan ulang yang dilaksanakan dalam bentuk siklus tersendiri. Demikian seterusnya atau dengan beberapa kali siklus. Model Kemmis dan Taggart dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1.2 bagan perancangan PTK Model Menurut Kemmis dan Taggart  
(Sumber: Kemmis and McTaggart (1988))

Kemmis dan Taggart telah melakukan penelitian tindakan kelas, mengenai proses inkuiri pada pelajaran sains. Ia memfokuskan pada strategi bertanya kepada siswa. Keputusannya timbul dari pengamatan tahap awal yang menunjukkan bahwa siswa ketika belajar sains dengan menghafal bukan dalam proses inkuiri. Dalam diskusi, dipikirkannya cara untuk mendorong siswa berinkuiri, apakah dengan mengubah kurikulum atau mengubah cara bertanya kepada siswa. Akhirnya diputuskan untuk menyusun strategi bertanya untuk mendorong siswa menjawab pertanyaan. Semua kegiatan ini dilakukan pada



tahap perencanaan. Pada kotak *act* (tindakan), mulai diajukan pertanyaan-pertanyaan kepada siswa untuk mendorong mereka mengatakan apa yang mereka pahami dan apa yang mereka minati.

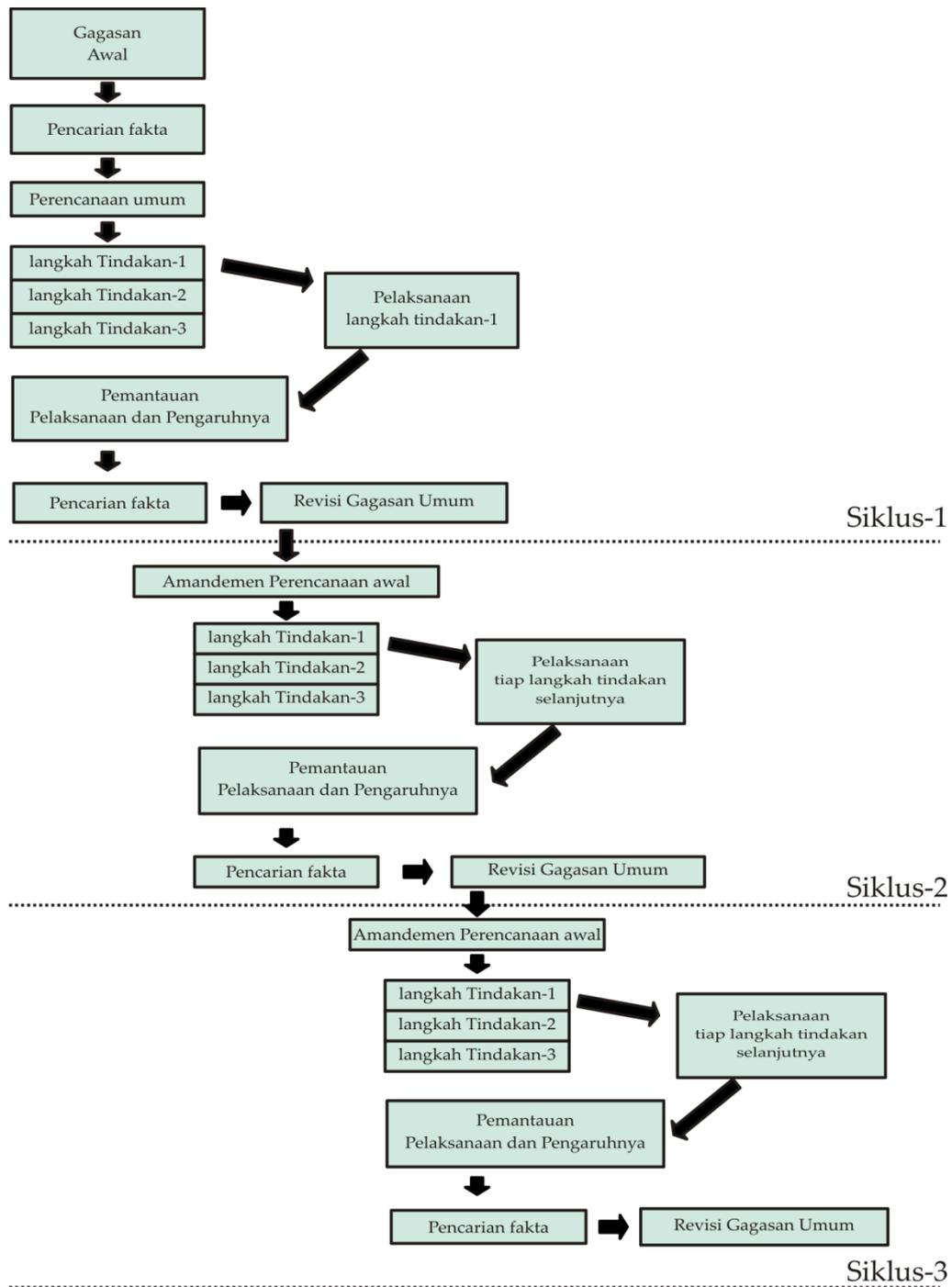
Pada kotak observasi, pertanyaan-pertanyaan dan jawaban-jawaban siswa dicatat atau direkam untuk melihat apa yang sedang terjadi. Pengamat juga mencatat dalam buku hariannya. Dalam kotak refleksi, ternyata ditemukan bahwa kontrol terhadap kelas yang terlalu ketat menyebabkan tanya jawab yang dilakukan guru kurang lancar, sehingga tidak mencapai hasil yang baik dan perlu diperbaiki.

Pada siklus berikutnya, perencanaan direvisi dengan memodifikasi dalam bentuk mengurangi pertanyaan-pertanyaan guru yang bersifat mengontrol siswa, agar strategi bertanya dapat berlangsung dengan baik. Pada tahap tindakan siklus kedua hal itu dilakukan. Pelaksanaannya dicatat dan direkam untuk melihat pengaruhnya terhadap perilaku siswa. Pada tahap refleksi, ternyata siswa sulit dikendalikan. Kemmis merenung, apakah pelajaran dilanjutkan dengan probing atau menggunakan teknik lain. Demikian permasalahan selanjutnya terjadi, dan seterusnya harus kembali pada perencanaan baru.

### 3) *Model John Elliot*

Model Elliot tampak lebih rinci jika dibandingkan dengan kedua model yang telah dikemukakan di atas. Dikatakan lebih rinci, karena di dalam setiap siklus dimungkinkan terdiri dari beberapa tindakan, yaitu antara tiga sampai lima tindakan. Sementara itu setiap tindakan kemungkinan terdiri atas beberapa langkah yang terealisasi dalam bentuk kegiatan pembelajaran.

Rancangan PTK menurut Elliot dapat Anda pelajari pada Gambar 3 pada halaman berikut ini.



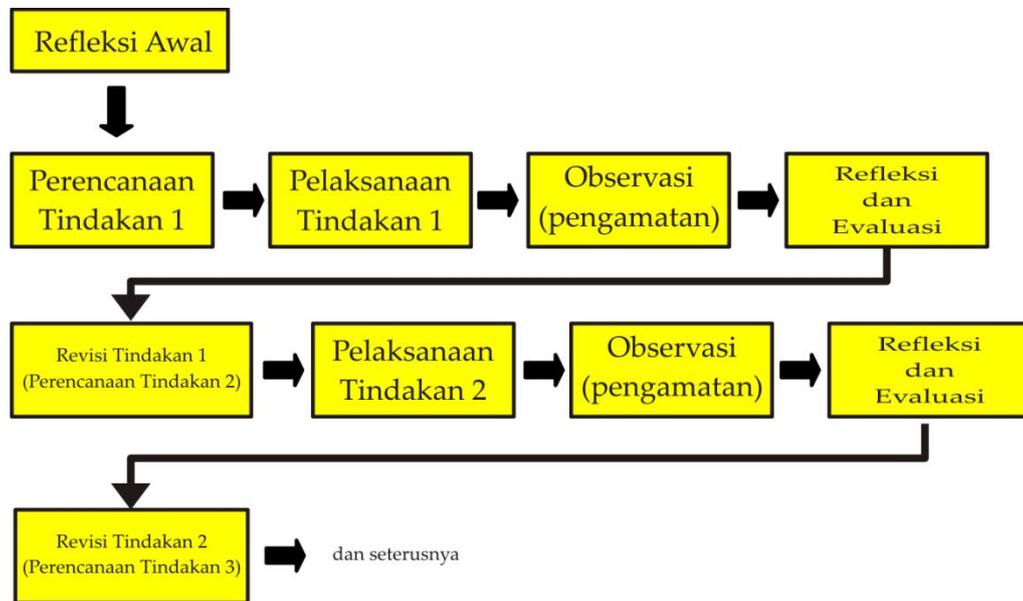
Gambar 1.3 bagan perancangan PTK Model John Elliot

Sumber Elliott, J. (1991)

Dari ketiga model yang telah dipaparkan, pada dasarnya dalam PTK terdapat empat tahapan penting, yaitu: (1) perencanaan, (2) pelaksanaan, (3)



pengamatan (observasi), dan (4) refleksi. Ke empat tahapan tersebut dapat dilihat pada bagan 4 berikut.



Gambar 1.4 Bagan perancangan PTK secara Umum

Dari Rancangan yang digambarkan pada gambar 4 di atas tampak bahwa penelitian kelas merupakan proses perbaikan secara terus menerus dari suatu tindakan yang masih mengandung kelemahan sebagaimana hasil refleksi menuju ke arah yang semakin sempurna. Penjelasan pada masing-masing tahapan adalah sebagai berikut.

### **Refleksi Awal**

Refleksi awal dilakukan oleh peneliti berkolaborasi dengan partisipan (teman sejawat atau dari praktisi lain) untuk mencari informasi tentang kondisi awal dari permasalahan yang akan dicari solusinya. Refleksi awal dapat dilakukan dengan cara menelaah kekuatan atau kelemahan dari suatu proses pembelajaran yang telah dilakukan baik dari aspek diri sendiri, siswa, sarana belajar atau sumber/lingkungan belajar. Dari temuan-temuan awal, difokuskan pada identifikasi masalah yang nyata, jelas dan mendesak untuk dicari solusinya.

Sebagai contoh, misalnya Anda telah mengajarkan kegiatan bagaimana peserta didik melakukan perancangan dalam melakukan penyepuhan untuk menerapkan



konsep elektrolisis. Setelah pembelajaran dilaksanakan ternyata, siswa sulit melakukan kegiatan perancangan suatu proyek tersebut. Dalam hal ini, Anda dapat menelusuri beberapa penyebab kesulitan siswa dalam melakukan perancangan alat, melakukan pengkajian terhadap alur pbn yang sudah dilakukan, sarana yang diperlukan, alokasi waktu, atau pengetahuan dan keterampilan prasyarat yang diperlukan siswa.

### ***Perencanaan Tindakan (planning)***

Dalam tahap ini, Anda sebagai peneliti menjelaskan tentang apa, mengapa, kapan, di mana, oleh siapa, dan bagaimana tindakan yang akan dilakukan. Apabila Anda telah yakin terhadap kebenaran rumusan masalah, maka selanjutnya adalah menyusun rencana tindakan yang meliputi:

- a. Penetapan bukti atau indikator untuk mengukur tingkat ketercapaian pemecahan masalah sebagai akibat dilakukannya tindakan;
- b. Penetapan skenario tindakan-tindakan yang diharapkan dapat menghasilkan dampak ke arah perbaikan program;
- c. Perencanaan metode dan alat untuk mengamati dan merekam/mendokumentasikan semua data tentang pelaksanaan tindakan; dan
- d. Perencanaan metode dan teknik pengolahan data sesuai dengan sifat dan kepentingan penelitian.

### ***Pelaksanaan Tindakan***

Tahap ini merupakan implementasi atau penerapan isi rencana, yaitu melakukan tindakan-tindakan sesuai dengan langkah-langkah tindakan yang telah direncanakan pada tahap perancangan. Skenario tindakan yang telah direncanakan dilaksanakan dalam situasi yang aktual. Dalam waktu yang sama Anda dan rekan kolaborasi Anda melakukan pengamatan dan interpretasi terhadap jalannya pelaksanaan tindakan itu.

### ***Observasi***

Observasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pelaksanaan tindakan sesuai dengan rencana yang telah disusun sebelumnya, dan seberapa jauh proses yang terjadi dapat diharapkan menuju sasaran yang diharapkan.



Sebenarnya observasi atau pengamatan tidak terpisah dengan pelaksanaan tindakan. Jadi observasi dan pelaksanaan dilakukan dalam waktu bersamaan.

### ***Refleksi dan evaluasi***

Refleksi merupakan kegiatan analisis, sintesis, interpretasi, dan eksplanasi terhadap semua informasi yang diperoleh dari pelaksanaan tindakan. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan suatu kriteria, misalnya kriteria efektivitas pengajaran mempunyai indikator penggunaan waktu, biaya, tenaga, dan pencapaian hasil. Evaluasi dapat dilakukan secara kualitatif atau kuantitatif.

Pada tahapan refleksi dilakukan analisis data yang diperoleh dari dampak pelaksanaan tindakan dan hambatan yang muncul dan didiskusikan rencana berikutnya untuk memperbaiki hal-hal yang masih kurang.

Setelah melakukan observasi, refleksi, dan evaluasi biasanya muncul permasalahan baru atau pemikiran baru, sehingga Andai merasa perlu melakukan perencanaan ulang, tindakan ulang, pengamatan ulang, dan refleksi ulang. Demikian langkah-langkah kegiatan PTK dalam satu siklus terus berulang, sehingga membentuk siklus kedua, ketiga, dan seterusnya.

Setelah Anda memahami berbagai Rancangan PTK, dalam melakukan PTK Anda dapat mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. ***Identifikasi Masalah.***

Dilakukan pada tahap observasi awal terhadap suatu kasus atau keadaan pembelajaran di kelas.

2. ***Perumusan Masalah.***

Merumuskan apa yang sekiranya memerlukan perbaikan atau yang mungkin dikembangkan sebagai keterampilan baru dengan cara penyelesaian yang baru.

3. ***Perumusan Tujuan.***

Tujuan penelitian ditetapkan berdasarkan masalah yang dirumuskan.

4. ***Penelaahan Kepustakaan atau Kajian Teori.***

Penelaahan kepustakaan dilakukan untuk mengetahui apakah orang lain telah mempunyai masalah yang sama atau telah mencapai tujuan seperti yang telah dirumuskan. Pada bagian ini diuraikan teori-teori yang mendukung mengapa penelitian dilakukan.

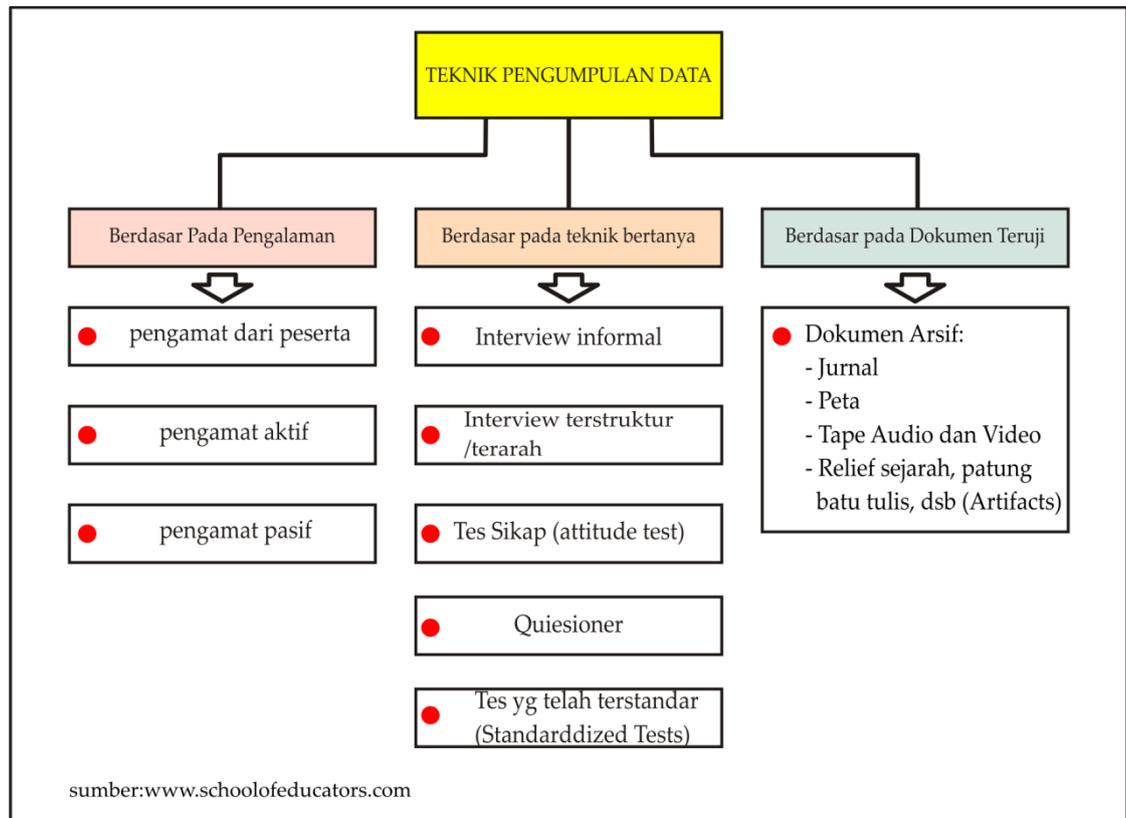


5. ***Perumusan Hipotesis Tindakan (tidak selalu ada, bisa diganti dengan pertanyaan penelitian).***
6. ***Penetapan Langkah-Langkah Pengambilan Data***

Berupa prosedur atau teknik yang memuat hal-hal apa yang akan dilakukan untuk memperoleh data, misalnya observasi, wawancara, kuesioner, dan sekaligus menyusun instrumen yang diperlukannya.
7. ***Penetapan Langkah-Langkah Pengolahan Data***

Berupa prosedur atau teknik yang berisi langkah apa yang akan dilakukan untuk mengolah data itu, misalnya dimulai dari pengelompokan data berdasarkan jenisnya, mengurutkannya, juga termasuk menetapkan teknik apa yang akan digunakan untuk mengolahnya. Juga, ditetapkan apakah pengolahannya secara kualitatif atau kuantitatif.
8. ***Pengumpulan Data***

Pada tahap ini biasanya peneliti melakukan hal-hal seperti pembelajaran, observasi, wawancara, atau kegiatan lainnya sesuai dengan langkah pengambilan data yang telah ditetapkan sebelumnya. Beragam cara untuk memperoleh data. Secara garis besar, ragam teknik pengambilan data ditunjukkan pada bagan gambar 5.



Gambar 1.5 Ragam teknik pengambilan data

#### 9. **Pengolahan dan Penganalisisan Data.**

Pada tahap ini peneliti mulai mengolah data sesuai dengan langkah-langkah yang telah ditetapkan pada penetapan langkah pengolahan data (bagian g di atas). Data disortir, ditabelkan, dibuat grafiknya, atau dimasukkan pada rumus-rumus, kemudian data hasil pengolahannya dianalisis, ditafsirkan, dan akhirnya disimpulkan.

#### 10. **Penulisan Laporan Penelitian.**

Pada tahap ini peneliti menyusun laporan penelitian dengan format yang sesuai dengan langkah-langkah penelitian yang telah ditempuh.



## 7. Keunggulan dan Keterbatasan Penelitian Tindakan Kelas

Penelitian Tindakan Kelas memiliki keunggulan sebagai berikut :

- a. praktis dan langsung relevan untuk situasi yang aktual;
- b. menyediakan kerangka kerja yang teratur untuk pemecahan masalah dan pengembangan-pengembangan baru yang lebih unggul dari cara-cara yang ada sebelumnya;
- c. berdasarkan pada observasi yang nyata dan obyektif, bukan berdasarkan pada pendapat subyektif atas dasar pengalaman masa lampau;
- d. fleksibel dan adaptif, yaitu memperbolehkan untuk mengadakan perubahan-perubahan selama dalam masa penelitian dan mengorbankan kontrol demi kepentingan inovasi;
- e. dapat digunakan untuk inovasi pembelajaran;
- f. dapat digunakan untuk mengembangkan kurikulum di tingkat kelas; dan
- g. dapat digunakan untuk meningkatkan kepakaran atau profesionalisme guru.

Adapun beberapa keterbatasan Penelitian Kelas adalah:

- a. kurang tertib ilmiah, karena validitas internal dan eksternalnya lemah;
- b. tujuan penelitiannya bersifat situasional;
- c. sampelnya terbatas sehingga kurang representatif dan kontrolnya terhadap variabel bebas sangat sedikit.

Dengan kelemahan-kelemahan tersebut, dan walaupun hasil penelitiannya berguna bagi dimensi praktis dalam situasi tertentu, namun PTK secara tidak langsung memberikan sumbangan kepada dunia ilmu pengetahuan, khususnya dunia pendidikan.

### D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah Anda mempelajari uraian materi tentang konsep PTK dan terutama langkah-langkah melakukan PTK, Anda dapat mencoba melakukan refleksi diri terhadap pembelajaran fisika di SMA yang telah dilakukan selama ini dengan cara melakukan evaluasi diri mengidentifikasi hal-hal yang menurut Anda kurang berhasil dalam membelajarkan peserta didik dalam mata pelajaran fisika.



## E. Latihan/Kasus/Tugas

Untuk mengetahui pemahaman Anda terhadap materi yang telah dipelajari, jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan cara melingkari huruf di depan jawaban yang dianggap benar.

1. Penelitian Tindakan Kelas dewasa ini banyak digeluti oleh guru. Alasan apakah yang mendorong Anda melakukan penelitian tindakan kelas?
  - A. Meningkatkan keterampilan mengajar Anda di kelas.
  - B. Menunjukkan kemahiran Anda dalam meneliti.
  - C. Meyakinkan para orang tua murid untuk menjadi sponsor.
  - D. Membantu Kepala Sekolah dalam mencari solusi pengelolaan sekolah.
2. Penelitian Tindakan Kelas dapat meningkatkan kualitas pendidik dalam pembelajaran. Oleh karena itu melalui PTK akan meningkatkan hasil belajar peserta didik, karena ....
  - A. penelitian tindakan kelas dilakukan serempak bersama-sama di seluruh sekolah.
  - B. penelitian tindakan kelas dilakukan bersama dengan mitra guru lain.
  - C. semangat kompetitif di antara para guru untuk menghasilkan kinerja yang baik.
  - D. proses pendidikan berkaitan erat dengan keluaran pendidikan.
3. Penelitian Tindakan Kelas termasuk penelitian terapan. Penelitian Tindakan Kelas pada hakikatnya adalah upaya....
  - A. dari pengambil kebijakan untuk memperbaiki kualitas pembelajaran.
  - B. dari guru untuk meningkatkan atau memperbaiki proses pembelajaran ke arah tercapainya tujuan pembelajaran itu sendiri.
  - C. berbagai pihak untuk meningkatkan profesionalisme guru.
  - D. pemerintah untuk meningkatkan kualitas pendidikan.
4. Penelitian Tindakan Kelas memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dengan penelitian lain. Berikut ini karakteristik penelitian tindakan kelas, **kecuali...**



- A. masalah yang diangkat untuk dipecahkan melalui PTK harus berasal dari persoalan praktik pembelajaran sehari-hari yang dihadapi oleh guru. Permasalahan penelitian hendaknya bersifat kontekstual dan spesifik
  - B. penelitian Tindakan Kelas berlingkup makro, dilakukan dalam lingkup besar, bisa satu sekolah atau beberapa sekolah di suatu daerah tertentu, sehingga harus menghiraukan kerepresentatifan sampel. Istilah sampel dan populasi diperlukan dalam PTK ini, karena hasil PTK untuk digeneralisasikan
  - C. tujuan utama Penelitian Tindakan Kelas adalah untuk meningkatkan/memperbaiki praktik-praktik pembelajaran secara langsung daripada menghasilkan pengetahuan.
  - D. hasil temuan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) adalah pemahaman mendalam mengenai kehidupan kelas dan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) bersifat praktis dan langsung relevan untuk situasi yang aktual di dalam dunia kerja atau dunia pendidikan.
5. Ada beberapa prinsip yang harus diacu dalam melakukan penelitian Tindakan Kelas. Berikut ini prinsip-prinsip dalam melakukan PTK, **kecuali** ....
- A. tidak mengganggu tugas utama guru dalam melaksanakan PBM.
  - B. masalah penelitian yang diambil hendaknya dapat dipecahkan oleh guru dan tidak terlalu kompleks.
  - C. pemecahan masalah hendaknya mengacu pada kebutuhan guru sebagai peneliti untuk memberikan perhatian pada prosedur-prosedur di lingkungan kerjanya.
  - D. metode pengumpulan data mengacu pada metode-metode deskriptif-kuantitatif.
6. Dalam istilah PTK terdapat kata-kata kunci penelitian, tindakan, dan kelas. Yang dimaksud dengan kelas dalam konteks ini adalah ...
- A. ruang tempat guru mengajar
  - B. sekelompok siswa yang sedang belajar
  - C. sekelompok orang yang sedang membahas sesuatu
  - D. ruang tempat siswa melakukan aktivitas



7. Tujuan utama Penelitian Tindakan Kelas adalah untuk memperbaiki pembelajaran yang dilakukan oleh guru. Oleh karena itu PTK bersifat...
  - A. makro untuk peningkatan mutu pendidikan.
  - B. meso untuk perbaikan pengelolaan pendidikan.
  - C. mikro karena hasilnya tidak dapat digeneralisasikan.
  - D. global karena permasalahan guru di semua negara sama.
  
8. Rancangan PTK dapat mengacu pada model Lewin, Kemmis, atau Elliot. Dari ketiga model tersebut terdapat persamaan, yaitu adanya kegiatan-kegiatan yang berurutan. Kegiatan-kegiatan tersebut adalah ...
  - A. refleksi, perencanaan, pelaksanaan, evaluasi.
  - B. perencanaan, tindakan, pengamatan, refleksi-evaluasi.
  - C. perencanaan, tindakan, evaluasi, refleksi
  - D. perencanaan, pengamatan, tindakan, evaluasi
  
9. Rancangan Penelitian Tindakan Kelas terdiri atas rangkaian kegiatan yang dilakukan dalam siklus berulang. Yang dimaksud satu siklus adalah kegiatan yang meliputi ....
  - A. perencanaan, tindakan, pengamatan, dan refleksi
  - B. refleksi awal, tindakan, pengamatan, dan refleksi
  - C. identifikasi masalah, perumusan masalah, dan alternatif pemecahan
  - D. penentuan masalah, perumusan tindakan, refleksi, dan evaluasi
  
- E. Manakah dari pernyataan berikut ini merupakan beberapa keunggulan PTK?
  - A. dapat digunakan sebagai pengembangan inovasi pembelajaran
  - B. dapat digunakan untuk mengembangkan implementasi kurikulum di tingkat kelas
  - C. tujuan penelitian bersifat situasional dan praktis dengan berbagai situasi
  - D. berguna untuk mengembangkan kepakaran mengajar dan pengembangan ilmu



## F. Rangkuman

1. Penelitian tindakan dalam konteks pendidikan dan pembelajaran dikenal dengan nama ***Penelitian Tindakan Kelas***, yaitu suatu kegiatan/ upaya di dalam kelas dari berbagai pihak terkait, khususnya guru sebagai pengajar untuk meningkatkan atau memperbaiki proses belajar mengajar ke arah tercapainya kualitas pengajaran itu sendiri. Masalah penelitiannya bersifat spesifik dan bersumber dari lingkungan kelas yang dirasakan sendiri oleh guru untuk diperbaiki, dievaluasi, dan akhirnya dibuat suatu keputusan serta dilaksanakan suatu tindakan untuk memperbaiki masalah dalam pembelajaran tersebut.
2. Penelitian Tindakan Kelas mempunyai beberapa karakteristik, yaitu di antaranya: permasalahan yang akan dicari solusinya berasal dari persoalan pembelajaran sehari-hari di kelas, berskala mikro, hasil temuan tidak untuk digeneralisasikan, bersifat kontekstual, merupakan penelitian terapan dengan tindakan, penelitiannya berfungsi sebagai guru, merupakan penelitian kolaboratif, dan langkah penelitian berupa siklus yang sistematis.
3. Tujuan utama dari PTK adalah untuk peningkatan dan atau perbaikan praktik pembelajaran yang seharusnya dilakukan oleh guru.
4. Manfaat dari penelitian tindakan kelas, guru dapat terlibat secara tidak langsung dalam inovasi pembelajaran dan peningkatan profesionalismenya.
5. Terdapat enam prinsip dalam melaksanakan PTK menurut Hopkins, yaitu: (a) PTK dilakukan tidak mengganggu tugas utama guru, (b) tidak menyita waktu guru, (c) metodologi yang digunakan reliabel untuk mengembangkan PBM, (d) masalah penelitian tidak terlalu kompleks dan dapat dipecahkan oleh guru, (e) pemecahan masalah mengacu pada kebutuhan guru sebagai peneliti, dan (f) jika memungkinkan penelitian dilakukan untuk meningkatkan upaya-upaya pada pencapaian tujuan/prioritas sekolah ke masa depan.
6. Terdapat model-model Rancangan PTK, yaitu Model Lewin, Kemmis dan Taggart, dan Elliot. Dalam model-model PTK, ada empat langkah/tahapan utama dalam melakukan penelitian tindakan kelas, yaitu *Perencanaan* (yang diawali dengan refleksi awal), *Tindakan*,



*Pengamatan, dan refleksi-evaluasi.* Apabila muncul permasalahan baru, maka dilakukan perencanaan ulang, tindakan ulang, pengamatan ulang, dan refleksi ulang, sehingga penelitian membentuk siklus.

7. Pelaksanaan PTK mencakup beberapa langkah, yaitu : (a) identifikasi masalah, (b) perumusan masalah, (c) perumusan tujuan, (d) penelaahan kajian teori, (e) perumusan hipotesis tindakan (jika ada), (f) penetapan langkah-langkah pengambilan data, (g) penetapan langkah-langkah pengolahan data, (h) pengumpulan data, (i) pengolahan dan penganalisisan data, dan (j) penyusunan laporan.
8. Penelitian Kelas memiliki keunggulan antara lain : praktis dan langsung relevan untuk situasi yang aktual; kerangka kerjanya teratur; berdasarkan pada observasi yang nyata dan obyektif, fleksibel dan adaptif; dapat digunakan untuk inovasi pembelajaran; dapat digunakan untuk mengembangkan kurikulum di tingkat kelas; dan dapat digunakan untuk meningkatkan kepakaran atau profesionalisme guru.
9. Penelitian Kelas memiliki keterbatasan sebagai berikut : kurang tertib ilmiah, karena validitas internal dan eksternalnya lemah; tujuan penelitiannya bersifat situasional; sampelnya terbatas sehingga kurang representatif dan kontrolnya terhadap variabel bebas sangat sedikit. Dengan keterbatasan tersebut, maka walaupun hasil penelitiannya berguna bagi dimensi praktis dalam situasi tertentu, namun tidak secara langsung memberikan sumbangan kepada dunia ilmu pengetahuan.

### **G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

Setelah menyelesaikan latihan, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan membandingkan dengan kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan pembelajaran ini.

# KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

## PENYUSUNAN PROPOSAL PENELITIAN TINDAKAN KELAS

### A. Tujuan

Setelah mempelajari uraian materi ini diharapkan Anda dapat memahami cara menyusun proposal penelitian tindakan kelas.

### B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Indikator hasil belajar yang diharapkan dicapai adalah:

1. Melakukan refleksi atas pembelajaran yang telah di lakukannya selama mengajar dalam bentuk "studi kasus"
2. mengidentifikasi masalah PTK
3. merumuskan masalah PTK
4. merancang Proposal PTK

### C. Uraian Materi

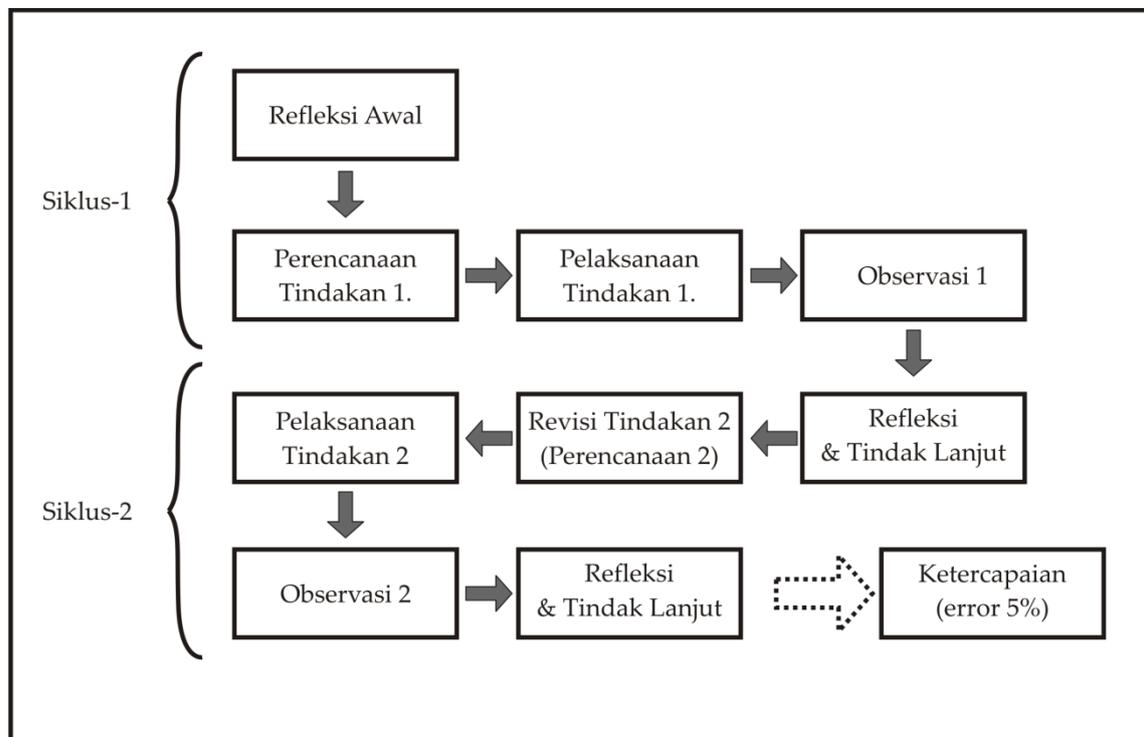
Pada modul pembelajaran 1 sebelumnya, Anda telah mempelajari konsep dasar penelitian tindakan (PTK), di dalam modul tersebut di antaranya dijelaskan langkah-langkah melakukan PTK atau dapat dipelajari dalam Rancangan PTK secara umum seperti dalam bagan berikut. Penyusunan proposal penting untuk dipelajari, kegiatan ini merupakan tahap pertama yang harus Anda lakukan sebelum melaksanakan PTK. Proposal PTK merupakan paparan rencana kegiatan yang dituangkan dalam bentuk naratif guna mengorganisasikan seluruh rangkaian kegiatan PTK.

#### 1. Identifikasi masalah dan rumusan masalah

Penelitian diawali dengan adanya masalah, apakah Anda selama menjadi guru pernah merasakan adanya masalah di kelas? Tentu pernah bukan? Masalah yang kita temukan



dapat bersumber dari mana saja. Rencana PTK diawali dengan adanya masalah. Berikut ini beberapa definisi tentang masalah.



2.1 Bagan Rancangan PTK secara umum

- Masalah adalah kesenjangan antara harapan dan kenyataan.
- Masalah pembelajaran/pendidikan adalah harapan tentang kondisi pembelajaran yang berkualitas dengan mutu pembelajaran yang ada saat ini.
- Masalah adalah situasi yang tidak memuaskan/ganjalan pikiran dan perasaan yang mendorong peneliti untuk mencari solusi.

Untuk mengetahui adanya masalah dalam pembelajaran yang kita laksanakan dapat dilakukan dengan cara merenungkan kembali atau melakukan refleksi terhadap kegiatan atau proses pembelajaran yang selama ini telah Anda lakukan. Ketika Anda melakukan refleksi, Anda dapat mengajukan pertanyaan-pertanyaan kepada diri sendiri. Contoh pertanyaan yang dapat diajukan kepada diri sendiri, misalnya sebagai berikut.

- Apakah kompetensi awal siswa untuk mengikuti pembelajaran cukup memadai?
- Apakah proses pembelajaran yang dilakukan cukup efektif?
- Apakah siswa cukup aktif dalam mengikuti pembelajaran?



- e. Apakah proses pembelajaran yang dilakukan cukup efektif?
- f. Apakah sarana/prasana pembelajaran cukup memadai?
- g. Apakah pemerolehan hasil pembelajaran cukup tinggi?
- h. Apakah hasil pembelajaran cukup berkualitas?
- i. Apakah ada unsur inovatif dalam pelaksanaan pembelajaran?
- j. Bagaimana melaksanakan pembelajaran dengan strategi pembelajaran inovatif tertentu?

Selain melakukan refleksi dengan cara bertanya kepada diri sendiri dengan pertanyaan-pertanyaan di atas, Anda dapat mengidentifikasi masalah dengan membuat studi kasus dari pembelajaran yang telah Anda laksanakan. Yang dimaksud dengan studi kasus dalam konteks ini adalah alat bantu untuk mengidentifikasi masalah yang dapat kita gunakan dalam PTK.

Studi kasus adalah episode yang diingat, ditulis sebagai sebuah cerita, sebuah naratif pengalaman mengajar guru. Hal yang ditulis harus sangat khusus, sangat bersifat lokal. Harus menyertakan unsur manusia: minat guru, aksi dan kesalahan, rasa frustrasi, dan kesenangan atau kekecewaan yang dirasakan pada akhir sesi". (William Loudon, "Case studies in teacher education" (1995) dalam BBM PTK Generik program BERMUTU, 2009.

Setelah membuat studi kasus, Anda dapat menjawab pertanyaan berikut:

- a. Apa yang sedang terjadi di kelas saya?
- b. Masalah-masalah apa yang ditimbulkan oleh keadaan tersebut?
- c. Apa pengaruh masalah tersebut bagi kelas saya?
- d. Apa yang terjadi jika masalah tersebut saya biarkan atau tidak segera dicarikan solusinya?

Pada awalnya, mengidentifikasi masalah adalah sulit, namun ada beberapa pertanyaan yang dapat membantu kita dalam mengidentifikasi masalah PTK. Hopkins (1993:63) mengemukakan beberapa pertanyaan untuk membantu memfokuskan permasalahan, yaitu:

- a. Apa yang sekarang sedang terjadi?
- b. Apakah yang sedang berlangsung itu mengandung permasalahan?
- c. Apa yang dapat saya lakukan untuk mengatasinya?
- d. Apakah yang ingin saya perbaiki?
- e. Adakah gagasan yang ingin saya cobakan di kelas saya?



Setelah teridentifikasi fokus masalah PTK, untuk membantu menentukan masalah yang akan dipilih, jawablah pertanyaan berikut:

- Apakah dengan fokus tersebut Anda dapat memperbaikinya?
- Apakah orang lain juga merasakan hal yang kurang beres itu?
- Apakah Anda merasa kebingungan dengan apa yang ditemukan?
- Apakah Anda semakin terdorong untuk mencari solusi untuk permasalahan itu?

Rumusan masalah hendaknya juga memberikan informasi tentang *what* (apa yang dipermasalahkan; *who*(siapa yang terlibat sebagai objek masalah); *where* (dimana terjadinya masalah); *when* (kapan terjadinya masalah); dan *how* (bagaimana penyimpangan). Berikut ini contoh masalah yang bersifat umum:

"Minat belajar siswa terhadap pelajaran IPA rendah"

Dari masalah yang bersifat umum di atas, dapat dispesifikkan sebagai berikut:

"Lebih dari 70% minat dan aktivitas siswa kelas XI SMA EKS Bandung pada tahun 2015 terhadap pelajaran fisika rendah".

Dari masalah di atas dapat ditelusuri hal-hal berikut:

- Apa yang menjadi masalah? (*minat dan aktivitas siswa terhadap pelajaran Fisika*)
- Siapa yang mengalami masalah? (*siswa kelas XI*)
- Di mana masalah itu terjadi? (*di kelas XI SMA*)
- Kapan masalah itu terjadi? (*tahun 2015*)
- Berapa banyak siswa yang mengalami masalah? (*lebih dari 70%*)

Setelah Anda dapat mengidentifikasi masalah. Masalah yang akan diteliti dipilih sesuai prioritas yang akan dicari solusinya. Masalah dirumuskan dalam rumusan masalah. Ada beberapa petunjuk dalam merumuskan masalah, yaitu sebagai berikut

- Masalah hendaknya dirumuskan secara jelas, dalam arti tidak mempunyai makna ganda.
- Masalah penelitian dapat dituangkan dalam kalimat tanya.
- Rumusan masalah umumnya menunjukkan hubungan antara dua atau lebih variabel. Variabel bebas berupa tindakan, variabel terikat berupa hasil tindakan tersebut.



- d. Rumusan masalah hendaknya dapat diuji secara empirik. Maksudnya, dengan rumusan masalah itu memungkinkan dikumpulkannya data untuk menjawab pertanyaan tersebut.
- e. Rumusan masalah menunjukkan secara jelas subjek dan/atau lokasi penelitian.

Contoh rumusan masalah:

Masalah	Rumusan masalah
pertanyaan-pertanyaan yang diajukan kurang membangkitkan siswa untuk berpikir	Apakah dengan banyak mengajukan pertanyaan terbuka dan pertanyaan jenis keterampilan proses dapat membangkitkan siswa untuk beripikir?

## 2. Perancangan Proposal PTK

Kerja penelitian dimulai dengan membuat rencana. Rencana penelitian umumnya disebut proposal atau usulan penelitian. Dengan demikian usulan penelitian merupakan langkah pertama dari kerja penelitian. Pada umumnya proposal PTK terdiri atas komponen-komponen berikut.

### a. Judul PTK

Judul dinyatakan dengan kalimat sederhana, namun tampak jelas maksud tindakan yang akan dilakukan, di mana penelitian dilaksanakan, dan jika diperlukan cantumkan semester/tahun ajaran.

Berikut contoh judul PTK:

*“Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Kemampuan Penerapan Konsep dan Keterampilan Merakit Peralatan Percobaan Fisika Pada Siswa Kelas XII “*

*“Peningkatan Keterampilan Menginterpretasikan Grafik Data Menggunakan Pendekatan Inquiri Terbimbing Pada Percobaan Hubungan Jarak Sumber Cahaya Terhadap Intensitas Cahaya pada Topik Cahaya di kelas XII SMA Eks”*

### b. Bab Pendahuluan

Bagian pendahuluan berisikan tentang penjelasan:

#### 1) Latar belakang

Dalam latar belakang dijelaskan kondisi objektif yang mengharuskan dilaksanakannya PTK. Kondisi ini merupakan hasil identifikasi guru terhadap masalah



pembelajaran yang dilaksanakan. Masalah yang diteliti benar-benar masalah pembelajaran yang terjadi dan mendesak untuk dipecahkan, serta dapat dilaksanakan ditinjau dari ketersediaan waktu, biaya, daya dukung lainnya yang dapat memperlancar penelitian tersebut. Di samping itu, kemukakan kondisi pembelajaran yang seharusnya dilakukan dan kondisi yang ada sehingga jelas terdapat kesenjangan yang merupakan masalah yang menuntut untuk dicari solusinya melalui PTK. Secara garis besar dikemukakan juga tindakan yang akan dilakukan pada subjek pelaku tindakan dan menjelaskan mengapa tindakan tersebut diberikan. Pada bagian pendahuluan, Anda boleh sedikit menyinggung teori yang melandasi diajukannya ide atau gagasan untuk mengatasi masalah. Pada contoh untuk judul *" Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Kemampuan Penerapan Konsep dan keterampilan Psikomotor Pada Siswa Kelas XII "*.

Latar belakang masalahnya bisa dari pengalaman menyajikan topik tertentu, misal anak untuk menghitung tegangan dan daya listrik bola lampu dari soal listrik, ia mampu. Akan tetapi pada saat disuruh merangkai untuk menyalakan listrik dengan tiga baterai ia begitu kesulitan dan berlama-lama menemukannya untuk menyalakan lampu tersebut. Ini berarti ada masalah dengan anak didik kita, bahwa mereka minim dalam mengaplikasikan konsep dan kurang terampil dan terlatih psikomotornya dalam merakit rangkaian listrik. Dari sinilah guru berpijak untuk melaksanakan penelitian tindakan kelas dengan perlakuan pembelajaran melalui model pembelajaran berbasis proyek.

## 2) Masalah dan Perumusan Masalah

Masalah dapat diidentifikasi dari fakta-fakta yang dipaparkan dalam latar belakang dan dipilih untuk dicari solusi dengan PTK. Setelah masalah ditentukan dibuat rumuskan masalahnya dalam bentuk rumusan penelitian tindakan kelas. Dalam perumusan masalah dapat dijelaskan definisi asumsi, dan lingkup yang menjadi batasan penelitian. Rumusan masalah sebaiknya menggunakan kalimat tanya dengan mengajukan alternatif tindakan yang akan dilakukan.

Contoh rumusan masalah:



Judul PTK	Rumusan Masalah
“Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Kemampuan Penerapan Konsep dan Keterampilan Merakit Peralatan Percobaan Fisika Pada Siswa Kelas XII “	Apakah penerapan model pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan kemampuan penerapan konsep dan keterampilan Merakit Peralatan Percobaan Fisika Pada Siswa Kelas XII “
“Peningkatan Keterampilan Menginterpretasikan Grafik Data Menggunakan Pendekatan Inquiri Terbimbing Pada Percobaan Hubungan Jarak Sumber Cahaya Terhadap Intensitas Cahaya pada Topik Cahaya di kelas XII SMA Eks”	Apakah pendekatan inquiri terbimbing dapat meningkatkan Siswa Dalam Menginterpretasikan Grafik Data Hubungan Jarak Sumber Cahaya Terhadap Intensitas Cahaya pada Topik Cahaya di kelas XII SMA Eks”

### 3) Pemecahan Masalah

Pada bagian ini uraikan alternatif tindakan yang akan dilakukan untuk memecahkan masalah. Pendekatan dan konsep yang digunakan untuk menjawab masalah yang diteliti hendaknya sesuai dengan kaidah penelitian tindakan kelas. Cara pemecahan masalah ditentukan berdasarkan pada akar penyebab permasalahan dalam bentuk tindakan yang jelas dan terarah.

Untuk mencari akar penyebab timbulnya masalah dapat ditelaah dengan menjawab beberapa pertanyaan, misalnya:

- Bagaimanakah suasana belajar siswa dalam mata pelajaran fisika?
- Apakah metode/pendekatan/model pembelajaran yang digunakan guru menarik?
- Apakah pembahasan mata pelajaran yang diajarkan menyentuh lingkungan siswa sehari-hari?

Dengan menjawab beberapa pertanyaan yang diduga menjadi akar masalah, Anda dapat menentukan alternatif pemecahan masalah.

### 4) Tujuan penelitian

Tujuan penelitian merupakan proses yang akan dilakukan atau kondisi yang diinginkan setelah dilaksanakannya PTK. Tuliskan tujuan penelitian yang ingin dicapai secara singkat dan jelas dengan mengacu pada permasalahan penelitian dan dapat diukur tingkat pencapaian keberhasilannya.



Contoh:

Judul	Permasalahan	Tujuan
Penggunaan Model Pembelajaran Sains-Teknologi-Masyarakat Untuk Melatihkan Keterampilan Teknologi Pada Kegiatan proyek Pembuatan Mobilan Bertenaga Pegas di Kelas XII SMA	Apakah penerapan Model Pembelajaran Sains-Teknologi-Masyarakat (STM) dapat melatih keterampilan teknologi Pada Kegiatan proyek Pembuatan Mobilan Bertenaga Pegas di Kelas XII SMA	Ingin mengetahui: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keterlaksanaan model pembelajaran STM dalam melatih keterampilan teknologi Pada Kegiatan proyek Pembuatan Mobilan Tenaga Pegas di Kelas XII SMA</li> <li>• Keterampilan-keterampilan teknologi apa saja yang muncul dan dapat dilatihkan pada pembelajaran berbasis proyek Pembuatan Mobilan Bertenaga Pegas di Kelas XII SMA</li> </ul>

5) Manfaat Hasil penelitian

Pada bagian ini uraikan kontribusi hasil penelitian baik dari segi pengembangan teori (tapi tidak terlalu ambisius) dan praktik terhadap pengembangan kualitas pembelajaran sehingga tampak manfaatnya bagi guru dan siswa, maupun komponen pendidikan di sekolah lainnya. Kemukakan inovasi yang akan dihasilkan dari penelitian ini.

6) Kajian Teori/Kajian Pustaka

Pada bagian ini diuraikan dengan jelas kajian-kajian teori yang mendukung permasalahan yang dibahas dalam penelitian dan mendasari usulan proposal PTK. Di samping teori-teori yang relevan dengan masalah yang akan dicari solusinya, kemukakan juga temuan dan atau hasil/bahan penelitian lain yang mendukung pilihan tindakan untuk mengatasi permasalahan yang dikemukakan. Kajian pustaka juga digunakan untuk menyusun kerangka berpikir atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian.



7) Metode Penelitian (Rencana dan Prosedur Penelitian)

Pada bagian ini diuraikan secara jelas setting penelitian yang akan dilakukan. Kemukakan subjek penelitian, waktu, lamanya tindakan, serta lokasi penelitian secara jelas. Contoh: subjek penelitian adalah siswa kelas XI SMA SEDEC Bandung berjumlah 40 orang terdiri atas 20 orang siswa laki-laki dan 20 orang siswa perempuan dengan tingkat kemampuan siswa rata-rata. Penelitian akan dilakukan pada bulan Januari s. d April tahun 2015.

Prosedur atau rencana tindakan dituliskan secara rinci mulai dari perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi, dan refleksi serta evaluasi. Tunjukkan siklus-siklus kegiatan penelitian dengan menguraikan indikator keberhasilan yang dicapai setiap siklus sebelum pindah ke siklus berikutnya. Jumlah siklus sebaiknya lebih dari satu. Untuk dapat membantu menyusun bagian ini, disarankan untuk menuliskan pokok-pokok rencana kegiatan dalam suatu tabel. Contohnya sebagai berikut.

Tabel 2.1 Contoh Pokok-pokok Rencana Kegiatan

Siklus I	Refleksi awal	Menganalisis hasil pembelajaran dengan pada topik tertentu Identifikasi masalah yang terjadi, menyusun hipotesis tindakan
	Perencanaan	Mendiskusikan apa yang harus disiapkan Merencanakan pembelajaran yang akan diterapkan dalam PBM Menentukan materi pokok Mengembangkan skenario pembelajaran dengan model pembelajaran X Menyusun LKS Menyiapkan sumber belajar Mengembangkan format/instrumen evaluasi Mengembangkan format observasi
	Tindakan	Menerapkan tindakan mengacu pada skenario pembelajaran
	Observasi	Melakukan observasi dengan menggunakan format observasi Menilai hasil tindakan



	Refleksi	Melakukan evaluasi dari setiap macam tindakan yang telah dilakukan Mendiskusikan hasil evaluasi Memperbaiki pelaksanaan tindakan sesuai hasil evaluasi
Siklus II	Perencanaan	Identifikasi masalah yang muncul dari perlakuan pada siklus 1 Penetapan alternatif pemecahan masalah Pengembangan program tindakan II
	Tindakan	Pelaksanaan program tindakan II
	Observasi	Melakukan observasi terhadap pelaksanaan program tindakan II dengan menggunakan format observasi Menilai hasil tindakan
	Refleksi	Melakukan evaluasi dari setiap macam program tindakan II yang telah dilakukan Mendiskusikan hasil evaluasi
Siklus berikutnya	dst	Dst

Sumber: Suhardjono: (2006: 70-71)

Di dalam bagian metode penelitian juga diuraikan prosedur pengumpulan data yang mencakup teknik pengumpulan data (apakah menggunakan teknik wawancara, tes, dokumen, observasi, dll), instrumen yang digunakan, serta cara mengolah data.

#### 8) Jadwal penelitian

Pada bagian ini dijelaskan rencana jadwal penelitian yang meliputi perencanaan, persiapan, pelaksanaan, dan penyusunan laporan hasil penelitian. Umumnya jadwal penelitian disajikan dalam bentuk gambar diagram atau tabel.



Tabel 2.2 Contoh Jadwal Penelitian

Rencana Kegiatan	Waktu (minggu ke)					
Persiapan	—					
Menyusun perangkat pembelajaran	—					
Menyiapkan alat dan bahan		—				
Menyusun instrumen		—				
Pelaksanaan						
Menyiapkan kelas			—			
Melakukan tindakan siklus 1			—			
Melakukan tindakan siklus II				—		
Penyusunan Laporan				—		
Menyusun konsep laporan					—	
Seminar Hasil penelitian					—	
Perbaikan laporan						—
Penggandaan laporan						—

## D. Aktivitas Pembelajaran

### Kegiatan 1

Untuk dapat mengidentifikasi masalah pembelajaran, Anda dapat melakukan aktivitas pembelajaran berikut.

### Studi Kasus-1

1. Pelajarilah contoh studi kasus berikut.

Bu Mirah ketika melaksanakan praktikum tentang konsep intensitas cahaya menggunakan LKS dan membaginya ke setiap kelompok siswa. Sebelum menyuruh melaksanakan praktikum, Bu mirah menyuruhnya membaca LKS dengan cermat kepada siswanya. Setelah itu, Bu Mirah menyuruhnya melakukan kegiatan kepada siswanya untuk melakukan kegiatan sesuai petunjuk LKS. 15 menit kemudian setelah itu, siswa semua pada diam, dan sesekali ada yang mengamati alat dengan penuh kebingungan. Dengan melihat kondisi siswa seperti itu, Bu Mirah langsung membuka kesempatan untuk bertanya kepada siswanya.

Apakah anak-anak ada yang tidak mengerti dari petunjuk LKS yang kamu baca?

Anak-anak ramai menjawab ada Bu.



Bu mirah melanjutkannya dengan membuka pertanyaan kepada siswa. Silahkan apa yang kamu tidak mengerti!

Serentak setelah membuka waktu untuk bertanya, semua siswa ramai mengangkat tangannya. Dari beberapa pertanyaan yang diajukan siswa, pada saat itu, siswa pada umumnya bertanya tentang bagaimana cara menggunakan tiap item alat yang digunakan dalam percobaan dan Bu mirah menjelaskannya, hingga hampir setengah dari lama waktu pengerjaan LKS itu tersita untuk menjelaskan dan mendemonstrasikan cara penggunaan alat.

Bu mirah sangat kesal pada dirinya sendiri, mengapa ini bisa terjadi!.

Akhirnya tujuan praktikum yang diharapkan tidak tercapai.

2. Jawablah pertanyaan-pertanyaan setelah membaca contoh studi kasus tersebut!
  - 1) Jelaskan. Apa yang menjadi masalah Bu Mirah pada studi kasus tersebut?
  - 2) Jelaskan, Apa saran Anda ke Bu Mirah agar praktikum yang dilakukannya berhasil dengan baik?
  - 3) Dapatkah masalah yang dihadapi Bu Mirah ini dijadikan sebagai pintu masuk untuk dijadikan sebagai bahan atau masalah PTK?
  - 4) Jika dapat. Cobalah membuat judul PTK nya?

### Kegiatan 2:

Lakukan identifikasi masalah dalam pembelajaran fisika kemudian tentukan masalah tersebut berada pada area mana pada format klasifikasi masalah berikut!

Format Klasifikasi Masalah

No	Sumber masalah	Masalah Pembelajaran yang Teridentifikasi	Area Masalah		
			Pengembangan Kurikulum	Penguatan Materi Subjek	Praktik/ Pelaksanaan Pembelajaran
1	2	3	4	5	6
1	Pengalaman mengajar mata pelajaran fisika di SMA				



2	Kondisi atau respon siswa ketika mempelajari topik atau indikator KD tertentu dari konsep fisika				
3	LKS dan Laporan Praktikum siswa dari RPP				
4.	.....				

Tuliskan masalah dalam pernyataan kalimat yang menunjukkan kondisi yang tidak memuaskan, berilah tanda  $\surd$  pada kolom 4,5, atau 6 sesuai dengan masalah yang teridentifikasi

### E. Latihan/Kasus/Tugas

Pelajarilah contoh kasus berikut, jawablah pertanyaan-pertanyaan yang berhubungan dengan kasus di bawah ini!

#### Studi Kasus-2

Pak Achmad sebagai seorang guru senior bercita-cita agar siswanya kelak mampu mengatasi kesulitan-kesulitan dari krisis energi di masa yang akan datang. Untuk gagasannya itu Pak Achmad memulai mencoba merancang sebuah model pompa air bertenaga surya dengan harapan jika berhasil akan dijadikan sebagai media bahan ajar kepada siswanya dalam konsep pemanfaatan energi surya pada topik sumber-sumber energi. Setelah sekian lama Pak Achmad mencoba merancang dan membuat mesin pompa berenergi surya, akhirnya Pak Achmad berhasil dengan baik, sekalipun alatnya terbuat dari bahan-bahan yang sederhana.

Dari uraian rencana cerita Pak Achmad tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut?

- 1) Motivasi apa yang dimiliki Pak Achmad hingga ia mampu membuat alat pompa air bertenaga surya?



- 2) Kemampuan apa yang dimiliki Pak Achmad hingga dapat membuat pompa air bertenaga surya berhasil?
- 3) Konsep-konsep, teori, atau hukum fisika apa saja yang diperlukan untuk merancang pompa air bertenaga surya yang diperlukan Pak Achmad?
- 4) Jika Pak Achmad mencoba mendemonstrasikan kepada siswanya. Kira-kira apa maksud dan tujuan Pak Achmad mendemonstrasikan alat tersebut?
- 5) Jika Pak Achmad berkeinginan dengan alat yang dibuatnya itu untuk dijadikan sebagai bahan PTK. Langkah apa saja yang harus dilakukan Pak Achmad?
- 6) Berikan dan tuliskan judul yang tepat jika Pak Achmad meminta saran dari Anda untuk membuat Judul PTK nya?

## F. Rangkuman

Penyusunan proposal PTK merupakan bagian dari tahap pertama dalam Rancangan PTK, yaitu perencanaan. Di dalam proposal PTK komponen-komponen yang harus ada minimal mencakup hal-hal berikut.

1. Judul
2. Pendahuluan berisikan:
  - a. Latar belakang
  - b. Masalah dan Rumusan masalah
  - c. Pemecahan masalah
  - d. Tujuan Penelitian
  - e. Manfaat hasil penelitian
3. Kajian Teori
4. Metode penelitian
5. Jadwal penelitian

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan latihan, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan membandingkan dengan kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan pembelajaran ini.

## KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

### A. Kegiatan Pembelajaran 1: Penelitian Tindakan Kelas (PTK)

1. A
2. C
3. B
4. B
5. C
6. B
7. C
8. B
9. A
10. B

### B. Kegiatan Pembelajaran 2: Penyusunan Proposal Penelitian Tindakan Kelas

#### Jawab studi kasus-1

- 1) Masalah Bu Mirah antara lain:
  - i. Peralatan yang digunakan pada saat praktikum terlalu asing bagi siswa atau siswa belum terbiasa mengenali peralatan Lab
  - ii. LKS yang dibuat Bu mirah tidak memuat bagaimana cara menggunakan alat atau penjelasan cara menggunakan alatnya tidak dipahami siswa.
  - iii. Waktu pelaksanaan praktikum tidak diprediksi dengan baik pada saat merencanakan kegiatan praktikum.
  - iv. Silahkan tambah masalahnya...
- 2) Hendaknya pada saat tatap muka dikelas, untuk hal-hal yang berkaitan dengan pengukuran dengan menggunakan alat praktikum, Bu Mirah mendemonstrasikan dan menjelaskannya tentang keterkaitan alat dengan konsep yang dibahas.



- 3) Dapat. Karena PTK berawal dari adanya masalah yang riil dan terjadi pada pengalaman Bu Mirah.
- 4) Dapat, misal judulnya:
  - v. “Penggunaan modul praktikum hubungan jarak cahaya terhadap intensitas cahaya untuk meningkatkan keterampilan proses siswa dalam membuat grafik”.
  - vi. “Penggunaan model inkuiri terbimbing pada percobaan tentang .....untuk meningkatkan keterampilan proses siswa”

### Jawab studi kasus-2

- 1) Motivasi yang dimiliki Pak Achmad antara lain:
  - vii. Pak achmad berkeyakinan bahwa konsep-konsep fisika yang dimilikinya dapat diterapkan dalam suatu perancangan alat peraga
  - viii. Pak Achmad ingin memberi contoh kepada teman sejawatnya untuk berkreasi dan berinovasi dalam pembelajaran
  - ix. DII
- 2) Kemampuan menerapkan konsep fisika yang ia miliki selama menjadi guru fisika
- 3) Konsep-konsep, teori, atau hukum fisika yang terkait dengan pompa air bertenga surya antara lain: sifat-sifat fluida, perubahan energi, perubahan kalor, prinsip kerja mesin kalor, pengukuran, dsb.
- 4) Menarik minat siswa belajar, meyakinkan konsep yang di pahami (*kontekstual learning*) kepada siswanya, kebergunaan konsep-konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari, membuat fenomena fisika semakin nyata, dsb.
- 5) Langkah untuk dapat dijadikan PTK Pak Achmad harus mencoba merumuskan masalah dari yang dilakukannya, misal pada saat demonstrasi bagaimana kondisi siswa. Dari konsisi itu pak Achmad dapat mengevaluasi fakta-fakta apa saja yang diperoleh dari interaksi dengan siswanya ketika berdemonstrasi atau ketika menyajikan suatu konsep dengan model alat itu, lalu ditindak lanjutnya untuk suatu populasi siswa yang lain hingga fakta/data perilaku siswa atau hasil belajar dapat menjadi acuan sebagai bahan untuk membuat instrument PTK dan area permasalahannya.
- 6) Judul PTK yang baik untuk masalah Pak Achmad di antaranya:
  - x. “ Penggunaan metode demonstrasi terbimbing untuk meningkatkan hasil belajar tentang konsep .....
  - xi. “ Penggunaan alat peraga praktek model pompa air bertenaga surya untuk meningkatkan minat belajar dan memicu siswa berinovasi dalam hal ...”

## EVALUASI

Setelah Anda mempelajari modul J bagian pedagogi dengan topik penelitian tindakan kelas (PTK) ini, cobalah jawab persoalan-persoalan berikut sesuai yang ditanyakan.

1. PTK diambil dari istilah *Classroom Action Research (CAR)*. Yang tergolong suatu jenis penelitian. Jelaskan perbedaan penelitian PTK dibanding dengan penelitian murni atau tradisional?
2. Menurut Kurt Lewis bahwa sebagai pintu masuk untuk melakukan PTK dimulai dari identifikasi gagasan umum/awal. Berikan penjelasan, apa yang dimaksud dengan gagasan umum/gagasan awal tersebut?
3. Menurut (Mills, 2000) bahwa PTK tergolong jenis penelitian yang bersandar pada inquiri sistematis. Apa yang dimaksud dengan inquiri sistematis, jelaskan?
4. Penelitian tindakan artinya adalah penelitian dari suatu perlakuan tindakan tertentu atas masalah, yaitu dengan maksud bahwa dari tindakan tersebut dapat memunculkan fakta atau data baru. Jelaskanlah fakta atau data apa saja yang dapat muncul dari suatu perlakuan tindakan?
5. Salah satu tujuan PTK adalah untuk memperbaiki proses pembelajaran. Hasil belajar apa saja yang dapat dikategorikan sebagai ranah indikator PTK?
6. Berikan komentar kelemahan dari judul PTK berikut. “*Meningkatkan efektifitas pembelajaran konsep listrik arus bolak balik melalui pendekatan metode ilmiah*”?



## PENUTUP

Dengan telah ditulisnya modul guru pembelajar J bagian pedagogi dengan topik Penelitian Tindakan Kelas (PTK) ini, mudah-mudahan dapat membantu Anda khususnya guru-guru fisika SMA dalam meningkatkan pemahaman terhadap konsep-konsep PTK, teori yang melandasi PTK, dan tentang tahapan cara membuat proposal PTK.

Rasanya materi dalam modul ini tidaklah terlalu sulit untuk dipahami, dipelajari, dan juga mungkin tidak terlalu asing bagi Anda. Namun untuk kesempurnaan pemahaman lebih lanjut, tentunya pula Anda lebih mengetahuinya dalam hal cara mencari sumber aslinya. Sebagai saran penulis, setelah mempelajari dan berlatih dari soal-soal yang telah disajikan, untuk penguasaan lebih dalam mohon dikembangkan dalam bentuk latihan atau menyusun langsung proposal PTK sesuai dengan masalah kelas yang Anda hadapi pada saat ini.

Terakhir, mudah-mudahan dengan adanya modul ini Anda merasa terbantu dalam upaya peningkatan pengembangan profesionalisme dan juga pengembangan pembelajaran yang berkualitas. Dan tentu, tak ada gading yang tak retak, saran-saran yang konstruktif, membangun untuk perbaikan lebih lanjut, penulis mengharapkannya, sekian dan terima kasih, semoga sukses, dan mendapat ridhoNya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aunurrahman. 2007. *Perencanaan Penelitian Tindakan Kelas*, Hylite Module PTK, Unit 6, Jakarta: Ditjen Dikti.
- Ditjen Dikti. 2007. *Penyusunan Proposal dan Pelaksanaan PTK*, Hylite Module PTK, Unit 7, Jakarta: Ditjen Dikti.
- Ibrahim. 2009. *Bahan belajar Mandiri PTK Generik (BBM BERMUTU)*, Jakarta: Proyek BERMUTU
- Indrawati. 2009. *Identifikasi Masalah (BBM PTK Mata pelajaran IPA)*, Jakarta: Proyek BERMUTU
- Kardiawarman. 2006. *Modul PTK*, Jakarta: PMPTK.
- Rochiati Wiriaatmadja. 2007. *Metode Penelitian Tindakan Kelas*, cetakan ketiga, Bandung: PT Remaja Rosdakarya).
- <http://www.infed.org/thinkers/et-lewin.htm>, diakses Januari 2016.
- Dr. Tarek Chebbi, FIU, *Action Research in Education*, [https://www.google.co.id/?gws\\_rd=cr,ssl&ei=omGLVtikNMG,-uASOjre4BA#q=action+research+in+education+ppt](https://www.google.co.id/?gws_rd=cr,ssl&ei=omGLVtikNMG,-uASOjre4BA#q=action+research+in+education+ppt)





**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
TAHUN 2016

# **MODUL GURU PEMBELAJAR**

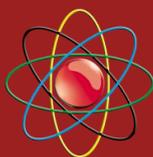
**MATA PELAJARAN FISIKA  
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

**KELOMPOK KOMPETENSI J**

## **FISIKA INTI DAN RADIOAKTIVITAS**

**Penulis:**

**Drs. Dadan Muslih, M.T.**



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
TAHUN 2016

# **MODUL GURU PEMBELAJAR**

**MATA PELAJARAN FISIKA SEKOLAH  
MENENGAH ATAS (SMA)**

**KELOMPOK KOMPETENSI J**

## **FISIKA INTI DAN RADIOAKTIF**

**Penulis:**

**Drs. Dadan Muslih, M.T.**



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

# MODUL GURU PEMBELAJAR

## MATA PELAJARAN FISIKA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

### KELOMPOK KOMPETENSI J

## FISIKA INTI DAN RADIOAKTIF

Penanggung Jawab

***Dr. Sediono Abdullah***

Penyusun

***Drs. Dadan Muslih, M.T.***    022-4231191    ***teratai\_putih@ymail.com***

Penyunting

***Drs. Iwan Heryawan, M.Si.***

Penelaah

***Dr. Setia Utari, Universitas Pendidikan Indonesia***

***Prof. Triyanta***

Penata Letak

***Nurul Atma Vita, S.Pd***

Copyright © 2016

***Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga  
Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA), Direktorat Jenderal  
Guru dan Tenaga Kependidikan  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan***

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

***Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk  
kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan  
dan Kebudayaan***

## KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogi dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, dalam jaringan atau daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut



adalah modul untuk program Guru Pembelajar tatap muka dan Guru Pembelajar online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Guru Pembelajar memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Guru Pembelajar ini untuk mewujudkan “Guru Mulia Karena Karya.”

Jakarta, Februari 2016

Direktur Jenderal

Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D.

NIP. 195908011985031002

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Guru Pembelajar disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru paska UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Guru Pembelajar untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.



Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau ke: p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara, Staf PPPPTK IPA, Dosen, Guru, dan Kepala Sekolah serta Pengawas Sekolah yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan kompetensi guru IPA di Indonesia.

Bandung, April 2016  
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.  
NIP. 195909021983031002





## DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	X
<b>PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul	3
<b>KEGIATAN PEMBELAJARAN</b>	
<b>I. ATOM HIDROGEN</b>	<b>5</b>
A. Tujuan	5
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktivitas Pembelajaran	13
E. Latihan/Kasus/Tugas	20
F. Rangkuman	20
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	21
<b>II. KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: ATOM BERELEKTRON BANYAK</b>	<b>23</b>
A. Tujuan	23
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	23
C. Uraian Materi	23
D. Aktivitas Pembelajaran	25
E. Latihan/Kasus/Tugas	28
F. Rangkuman	29
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	30



<b>III. INTI ATOM DAN RADIOAKTIF</b>	
A. Tujuan	31
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	31
C. Uraian Materi	31
D. Aktivitas Pembelajaran	35
E. Latihan/Kasus/Tugas	38
F. Rangkuman	39
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	39
<b>IV. INTI ATOM DAN RADIOAKTIF</b>	41
A. Tujuan	41
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	41
C. Uraian Materi	41
D. Aktivitas Pembelajaran	46
E. Latihan/Kasus/Tugas	49
F. Rangkuman	49
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	50
<b>KUNCI JAWABAN</b>	51
<b>EVALUASI</b>	59
<b>PENUTUP</b>	61
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	63
<b>GLOSARIUM</b>	64
<b>LAMPIRAN</b>	65



## DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 3.1	Simbol, massa, dan muatan partikel atom	28
Tabel 3.2	Massa partikel	37
Tabel 4.1	Skema pembangkit listrik tenaga nuklir	42
Tabel 4.2	Bobot radiasi dari beberapa jenis pancaran radiasi	45

## DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Diagram alur konsep materi fisika inti	3
Gambar 1.1	Model Atom Bohr Hidrogen	6
Gambar 1.2	Tingkat energi atom hidrogen	7
Gambar 1.3	Tingkat energi atom hidrogen	9
Gambar 1.4	panjang gelombang yang bersesuaian untuk deret Balmer, Panchen, dan Lyman	10
Gambar 1.5	Spektrum serapan cahaya dibanding emisi atom hidrogen.	11
Gambar 1.6	Deret radiasi emisi; <i>Lyman, Balmer, dan Paschen</i> untuk atom hidrogen	12
Gambar 1.7	Terjadinya proses eksitasi dan de-eksitasi elektron	13



Gambar 1.8	Spektrum panjang gelombang cahaya	14
Gambar 1.9	Tingkat energi helium	19
Gambar 1.10	Panjang gelombang emisi deret Paschen dari atom hidrogen	22
Gambar 2.1	Bilangan kuantum elektron	24
Gambar 3.1	Model inti atom	32
Gambar 4.1	Skema pembangkit listrik tenaga nuklir	42

## DAFTAR LAMPIRAN

		Hal
Lampiran 1	Konstanta yang diperlukan dalam pemecahan masalah fisika inti	28
Lampiran 2	Parameter-parameter atom	35
Lampiran 3	Simbol satuan dan perkalian satuan utama meter (m) pada system metrik	28

# PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Pengetahuan tentang fisika inti ini merupakan pengetahuan yang dewasa ini mengalami perkembangan pesat dalam penerapannya, terutama dalam bidang; kedokteran, pertanian, dan sumber daya energi. Energi inti/nuklir merupakan sumber energi bersih, aman, handal dan kompetitif. Ini adalah satu-satunya sumber energi yang dapat menggantikan bagian penting dari bahan bakar; fosil, batubara, minyak dan gas, yang besar-besaran mencemari atmosfer dan berkontribusi terhadap efek rumah kaca. Oleh karena itu pengetahuan tentang fisika inti, sangatlah penting untuk dipahami sebagai langkah awal ke penggunaan energi nuklir untuk memperlambat akumulasi CO<sub>2</sub> di atmosfer, dan memenuhi kebutuhan energi di era peradaban modern. Beberapa manfaat dari energi nuklir untuk tujuan damai di antaranya pada penggunaan obat isotop dan teknik radiasi, Steril Serangga Teknik (SIT) yang membantu dalam makanan, irigasi skala besar dan pengendalian hama biologis. Dalam bidang kesehatan; Salah satu aplikasi yang sangat umum dari energi nuklir, adalah dalam pengobatan kanker - radioterapi. Selain itu, sejumlah kecil pelacak radioisotop digunakan untuk tujuan diagnostik dan penelitian. Teknik-teknik ini telah membantu dalam memantau tingkat zat beracun dalam makanan, udara dan air. Energi nuklir juga dapat digunakan di industri untuk pengolahan dan sterilisasi berbagai produk dengan cara radiasi. Dengan begitu banyak keuntungan yang disebutkan di atas, energi nuklir mungkin merupakan bahan bakar untuk abad ke-21.

Materi fisika inti merupakan materi fisika modern yang tentunya materinya lebih bersifat abstrak dibanding materi lain yang banyak terkait dalam kehidupan sehari-hari. Namun demikian, dengan terjadinya peristiwa-peristiwa di negara lain tentang bahaya nuklir, seperti kebocoran reaktor daya di Chernobil atau rusaknya reaktor daya nuklir di Jepang oleh tsunami, kita sebagai negara yang belum banyak memanfaatkan energi nuklir, tentu harus sedini mungkin mengetahui apa itu energi nuklir, apa manfaatnya, bagaimana cara



menangani dari efek bahaya, dan lain sebagainya itu diawali dengan penguasaan materi fisika inti.

Pengetahuan fisika inti pada hakekatnya sama dengan pengetahuan-pengetahuan fisika lainnya, memerlukan cara berfikir sistematis, logis, dan analitis. Pengetahuan tentang energi nuklir memang cukup sulit dipelajari, namun dengan ketekunan berlatih terhadap pemecahan persoalan-persoalan yang pernah ada, dan terlahir dari pengalaman para saintis, penguasaan terhadap materi ini sama saja dengan terhadap materi-materi fisika lainnya, setelah ditekuni rasanya materi ini begitu indah, teratur, penuh dengan tantangan, fantastis, dan membawa kita untuk mendekati diri kepada yang Maha kuasa pencipta segala-galanya.

## **B. Tujuan**

Tujuan utama modul ini yaitu untuk membekali guru dalam proses pembelajaran fisika inti agar kompetensi dasar yang tertuang dalam kurikulum dapat tercapai dengan optimal. Setelah mempelajari modul ini peserta diharapkan dapat memecahkan persoalan-persoalan yang berkaitan dengan masalah materi fisika inti yang dimulai dari pemahaman; atom hidrogen, atom multi-elektron, inti radioaktivitas, dan aplikasi energi nuklir.

## **C. Peta Kompetensi**

Peta kompetensi yang menjadi acuan dalam belajar fisika inti ini mengikuti pola sistematika yang dimulai dari; konsep zat, teori atom, partikel-partikel dalam atom, hubungan energi dan gelombang, hubungan energi dan massa, momentum partikel, momentum partikel, atom hidrogen dan energi ikat, elektron berelektron banyak, inti atom dan partikel ini, radio aktif dan peluruhannya, energi inti dan pemanfaata.

Alur pola pembahasa disusun berdasarkan diagram konsep kompetensi yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1: Diagram alur konsep materi fisika inti

#### D. Ruang Lingkup

Dalam modul fisika inti membahas bagaimana persoalan-persoalan interaksi dan mekanisme partikel atom dan inti atom. Pembahasan dimulai dari konsep zat, teori atom, partikel-partikel atom, energi ikat atom, hubungan massa dan energi, hubungan energi dan gelombang, atom berelektron banyak, dan energi inti dan pemanfaatannya.

#### E. Saran Cara Penggunaan Modul

Untuk menguasai seluruh materi fisika inti yang dibahas dalam modul ini, strategi untuk menguasai konsep-konsepnya adalah dengan cara mencoba setiap persoalan-persoalan



yang berhubungan dengan teori dan aturan-aturan yang sebelumnya dalam memahami fisika klasik terutama konsep energi dan konsep gelombang.

Untuk memahami konsep selanjutnya yang berkaitan dengan fisika inti, kenalilah terlebih dulu apa itu atom, model atom, partikel-partikel pembentuk atom, parameter-parameter; jari-jari, muatan elektron, muatan proton dan neutron, dan interaksi partikel-partikel tersebut oleh perubahan energi dari luar atau energi dari atomnya sendiri seperti pada radio-aktif. Saran lainnya, yaitu, kuasai kembali tentang konsep-konsep listrik seperti potensial listrik, medan listrik, muatan listrik, dan konservasinya dari satuan-satuan konsep listrik tersebut. Selamat belajar.

# KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

## ATOM HIDROGEN

### A. Tujuan

Setelah mengikuti bagian kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan pembaca dapat memahami; orbit elektron dalam atom hidrogen, diagram tingkat energi atom hidrogen, terjadinya emisi pancaran cahaya dari atom hidrogen, garis spektrum atom hidrogen, deret Lyman, Balmer, dan Paschen.

### B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Mendeskripsikan model atom hidrogen
2. Mengingat parameter partikel-partikel atom hidrogen melalui latihan.
3. Menjelaskan tingkatan-tingkatan energi atom hidrogen
4. Menghitung mekanisme dinamika elektron dalam tingkatan energi hubungannya dengan emisi dan absorpsi gelombang emisi radiasi
5. Mendeskripsikan deret **Balmer, Lyman, dan Paschen** hubungannya dengan tingkat energi.
6. Menjelaskan energi ionisasi hubungannya dengan energi tingkat dasar suatu atom.
7. Menghitung panjang gelombang energi ionisasi atom hidrogen.
8. Menghitung energi radiasi foton minimal untuk terbangkitnya arus dalam tabung efek foto listrik.

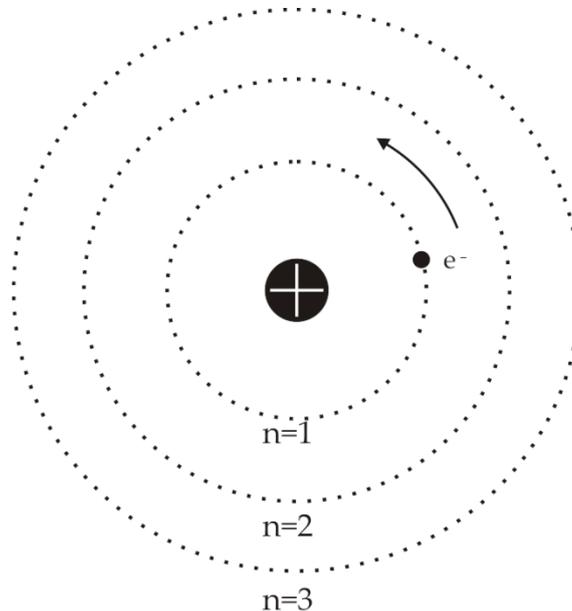
### C. Uraian Materi

Orbit Elektron

Atom hidrogen mempunyai diameter 0.1 nm mengandung satu proton yang terletak di inti (radius inti  $10^{-15}$  m) dan satu elektron. Model yang cukup baik untuk menggambarkan atom hidrogen, digambarkan oleh model Niels Borh



1913. Menurut Bohr, bahwa elektron mengorbit mengitari inti atom, lihat gambar 1.1



Gambar 1.1 Model Atom Bohr Hidrogen

Atom hidrogen adalah atom yang paling sederhana, yaitu mempunyai satu elektron yang mengitari satu proton. Gelombang de Broglie dari elektron yang berjarak  $r$  dari inti beresonansi atau “*tepat bersamaan*” dan mengikuti persamaan

$$mv_n r_n = \frac{nh}{2\pi} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan  $n$  bilangan bulat. Besaran  $mv_n r_n$  tidak lain adalah besaran momentum elektron pada orbit ke  $n$ , kecepatan orbit  $v$ ,  $m$  massa elektron, dan  $h$  konstanta Planck  $6.63 \times 10^{-34}$  J.s.

Gaya sentripetal yang membuat elektron mengorbit haruslah sama dengan gaya tarik Coulomb antara inti dan elektron.

Gaya Coulomb antar dua muatan elektron dan inti (proton) adalah

$$F_C = k \frac{e^2}{r^2} \dots\dots\dots(2)$$

Gaya sentripetalnya

$$F_s = m \frac{v_n^2}{r_n} \dots\dots\dots(3)$$



Dengan demikian

$$m \frac{v_n^2}{r_n} = k \frac{e^2}{r^2} \dots\dots\dots(4)$$

Solusi singkat dari persamaan (4) atom hidrogen stabil tersebut, diperoleh antar elektron dan intinya adalah

$$r_n = (0.053 \text{ nm})n^2 \dots\dots\dots(5)$$

dan energinya

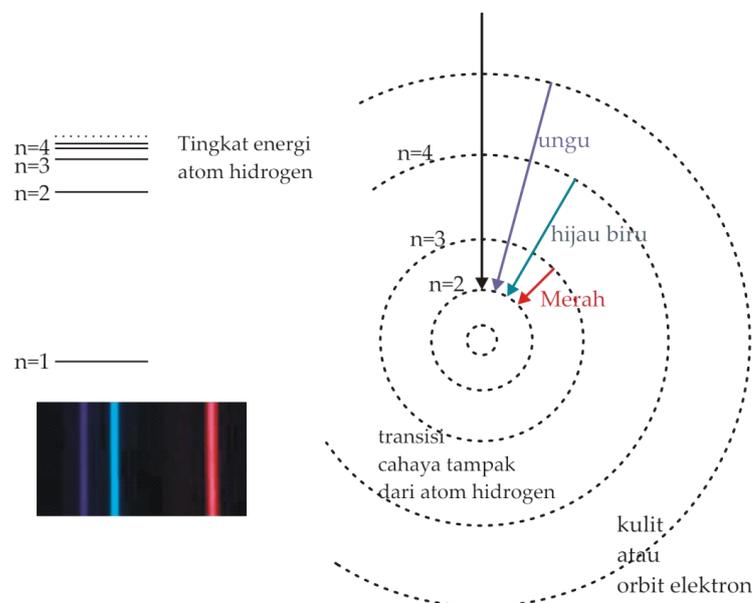
$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV} \dots\dots\dots(6)$$

$E_n$  menyatakan energi bergantung pada orbit elektron, atau energinya terkuantisasi bergantung pada kedudukan orbit lintasan  $n$  yang merupakan bilangan bulat, lihat gambar 1.2.

Untuk suatu inti dengan jumlah muatan inti  $Ze$  terhadap elektron tunggal  $e$ , jarak elektron inti adalah

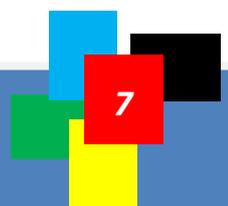
$$r_n = (0.053 \text{ nm}) \frac{n^2}{Z} \dots\dots\dots(7)$$

Dan persamaan energinya dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut.



Gambar 1.2 Tingkat energi atom hidrogen

Sumber: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/imgmod/bohr1.gif>





$$E_n = -\frac{13.6Z^2}{n^2} eV \dots\dots\dots(8)$$

Dimana Z adalah nomor atom (NA) "atomic number" dari inti. Terlihat dari dua persamaan ini, jika nomor atom membesar, Energi bertambah dan jarak mengecil, lihat gambar 1.2.

### TINGKAT ENERGI ATOM HIDROGEN

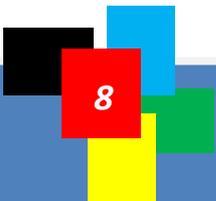
Diagram tingkat energi atom hidrogen ditunjukkan pada gambar 1.3. Setiap garis horizontal menyatakan energi atom hidrogen pada saat keadaan resonansi pada tingkat ke  $n$ , (*resonance state*). Energi nol menyatakan atom dalam keadaan terionisasi, atau pada saat elektron lepas dari atomnya hingga menjadi ion  $H^+$ , yaitu pada keadaan jaraknya tak berhingga dari intinya.

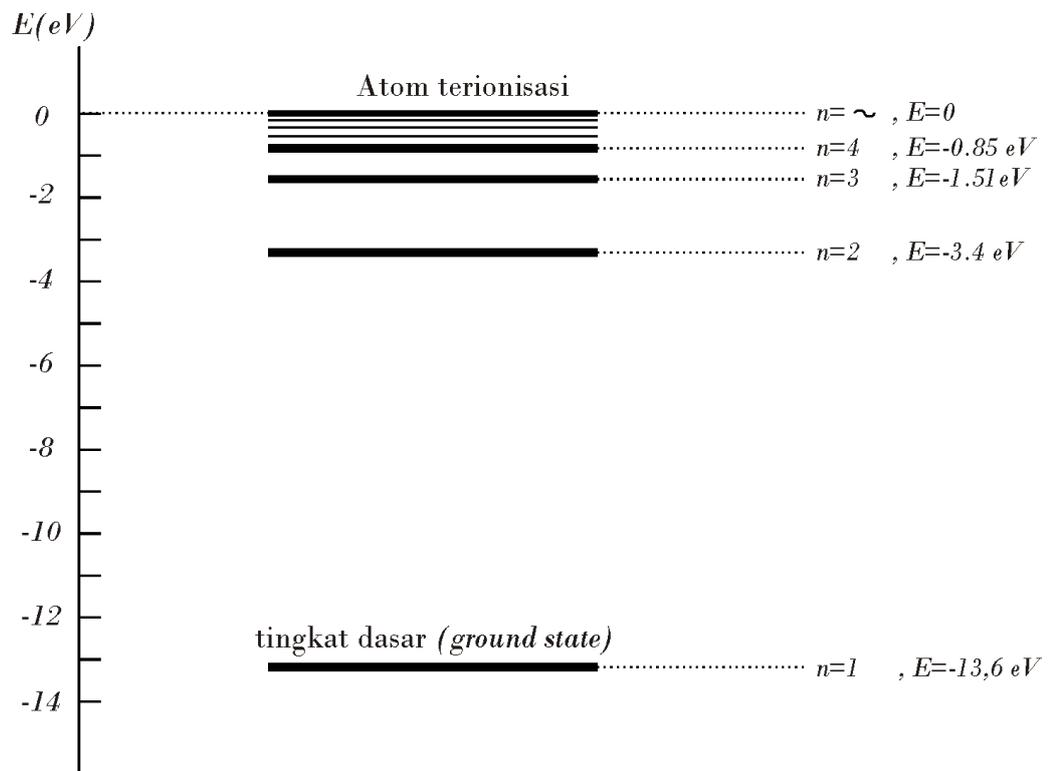
Pada diagram terlihat, bahwa elektron jatuh terperangkap di tingkat dasar ( $n=1$ ), *ground state*, dimana pada tingkat ini energi potensialnya sangat negatif diukur dari tingkat energi nol. Energi negatif menyatakan energi potensial, terlihat pada  $n=1$ ,  $E=-13,6 eV$ . Jadi semakin  $n$  mengecil, energi ikat/potensial semakin negatif.

### TERJADINYA EMISI/PANCARAN CAHAYA

Dalam suatu sistem yang terisolir, suatu atom akan memancarkan cahaya, jika elektron jatuh dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah. Pemancaran cahaya atau foton menyebabkan atom kehilangan energi akibat transisi dari energi tingkat tinggi ke energi tingkat rendah. Panjang gelombang dan frekuensi foton yang dipancarkan sebesar

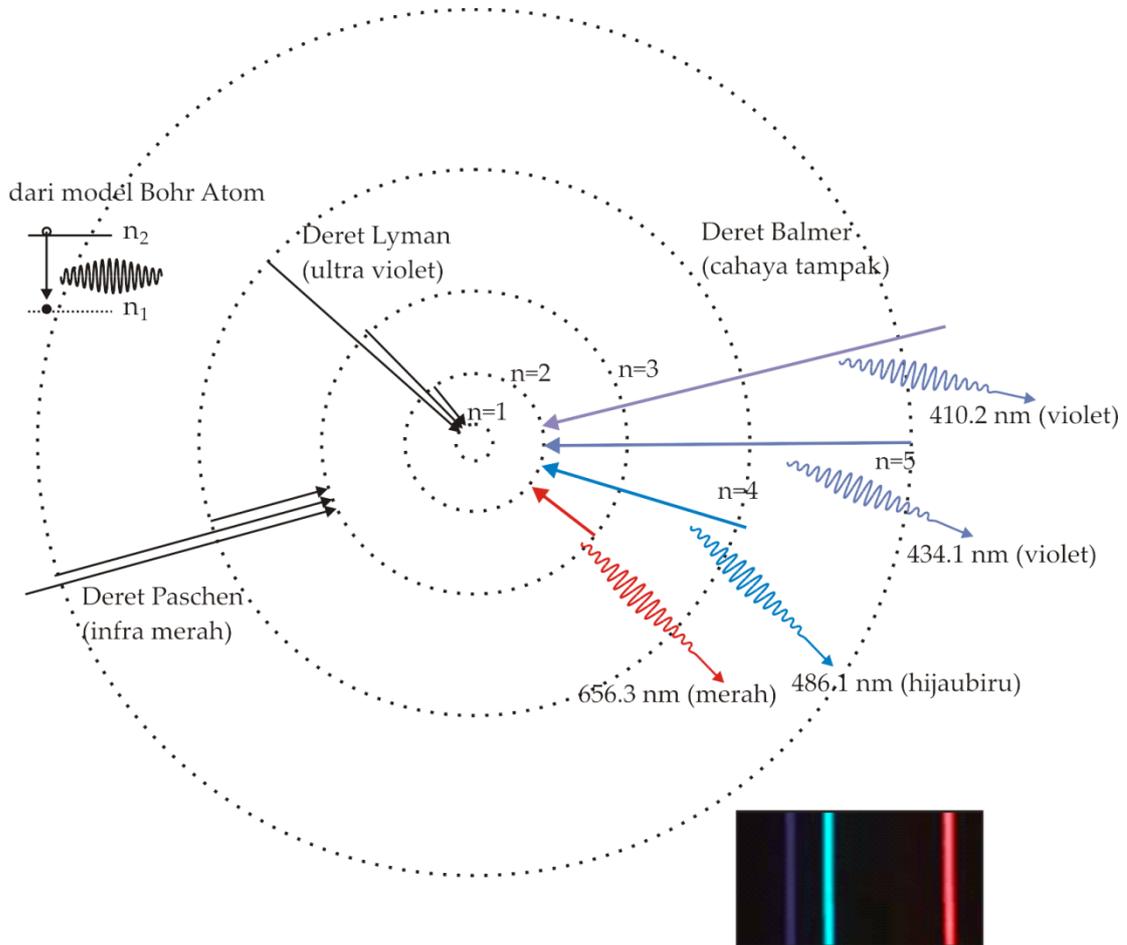
$$\Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda} \dots\dots\dots(7)$$





Gambar 1.3 Tingkat Energi Atom Hidrogen

Hal ini merupakan pula sebagai energi yang hilang oleh sistem atomnya itu sendiri. Energi yang dipancarkan bersesuaian dengan panjang gelombang cahaya yang diemisikan terbentuk spektrum pancaran oleh adanya perbedaan tingkatan loncatan elektronnya, lihat gambar 1.3 dan gambar 1.4. Untuk energi sebesar 1 eV bahwa panjang gelombang yang bersesuaiannya adalah sebesar  $\lambda = 1240 \text{ nm}$ .



Gambar 1.4 panjang gelombang yang bersesuaian untuk deret Balmer, Panchen, dan Lyman (sumber: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/imgmod/hydspe.gif>)

### GARIS SPEKTRAL

Pancaran cahaya yang berbentuk garis dari suatu panjang gelombang cahaya yang terlihat dari atom hidrogen terjadi secara berderet. Dikenali ada tiga jenis deret yang muncul, yaitu; deret **Balmer**, **Lyman**, dan **Paschen**. Pada gambar 1.5 diperlihatkan masing-masing deretnya.

Panjang gelombang dari ketiga deret diberikan oleh persamaan sebagai berikut.

$$\text{Lyman; } \quad \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 2, 3, \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Balmer; } \quad \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 3, 4, \dots \dots \dots (9)$$



Paschen;  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right), n = 4, 5, \dots \dots \dots (10)$

Dengan  $R$  adalah konstanta *Rydberg*,  $R = 1.097 \times 10^{-7} m^{-1}$ .

Dapat dibandingkan panjang gelombang yang bersesuaian untuk deret Balmer, Paschen, dan Lyman terhadap warna dari spektrum cahaya serapan diperlihatkan pada foto gambar 1.5 berikut

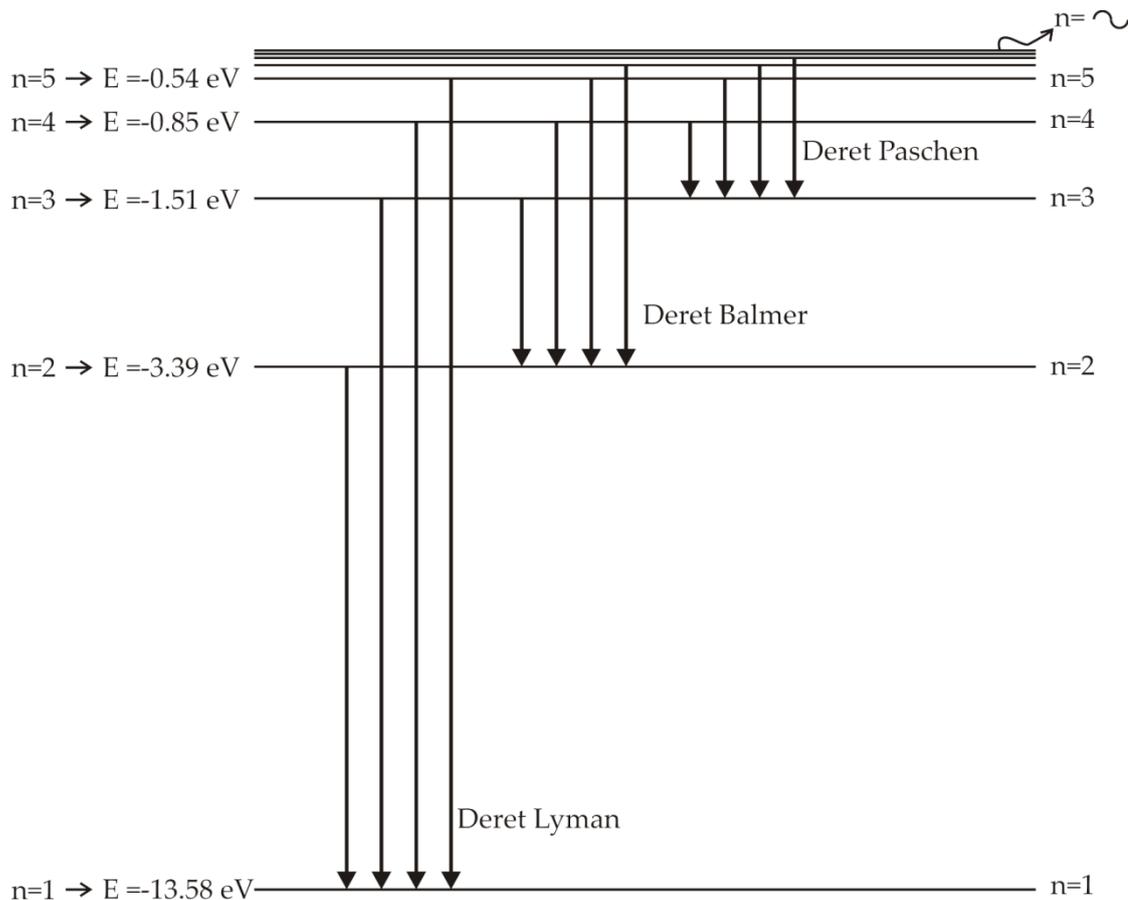


Gambar 1.5 Spektrum serapan cahaya dibanding emisi atom hidrogen.

Sumber : <http://www.4college.co.uk/as/el/spectrums.gif>

#### DERET SPEKTRUM ASLI

Deret Balmer pada gambar 1.6, garis deret Lyman muncul jika elektron jatuh dari tingkat yang berada lebih tinggi di atasnya ke tingkat dengan keadaan  $n=1$ ,  $\Delta E_{n1}$  dengan  $n=2, 3, 4, \dots$ . Garis deret Balmer muncul jika elektron jatuh dari tingkat yang berada lebih tinggi di atasnya ke tingkat dengan keadaan  $n=2$ ,  $\Delta E_{n2}$  dengan  $n=3, 4, 5, \dots$ . Garis deret Paschen muncul jika elektron jatuh dari tingkat yang berada lebih tinggi di atasnya ke tingkat dengan keadaan  $n=3$ ,  $\Delta E_{n3}$  dengan  $n=3, 4, 5, \dots$ .



Gambar 1.6 Deret radiasi emisi; **Lyman, Balmer, dan Paschen** untuk atom hidrogen. Sumber:

<http://images.tutorcircle.com/cms/images/44/electronic-transitions-of-hydrogen.png>.

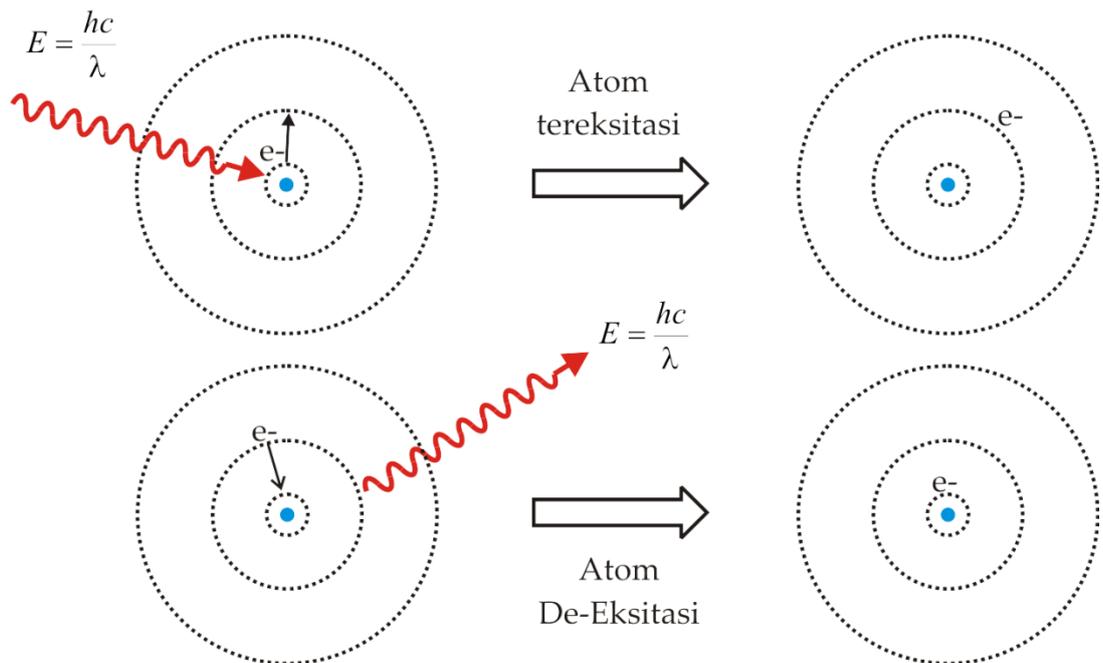
Deret Balmer pada gambar 1.6, elektron loncat atau mengalami transisi dari tingkat energi tertinggi ke tingkat energi  $n=2$ . Transisi dari tingkat  $n=3$  ke tingkat  $n=2$  memerlukan energi sebesar  $\Delta E_{3,2} = 1.89 \text{ eV}$  yaitu setara dengan panjang gelombang sebesar  $656 \text{ nm}$ , yaitu deret garis pertama. Deret garis kedua bertransisi dari  $n=4$  ke  $n=2$ . Dengan cara yang sama, transisi berakhir di  $n=1$  bersesuaian dengan deret Lyman dan berakhir di  $n=3$  dan bersesuaian dengan deret Paschen.

#### PENYERAPAN CAHAYA

Sebuah atom dalam keadaan berada di tingkat dasar dapat menyerap sebuah foton dalam suatu proses yang dinamakan “serapan resonansi”



hanya jika energinya cukup memadai untuk elektron berpindah dari tingkat lebih rendah ke tingkat energi tinggi yang kenali sebagai proses **eksitasi**. Sebaliknya, ketika elektron kembali ke tingkat energi rendah, atom memancarkan energi yang dikenali sebagai proses **de-eksitasi**, lihat gambar 1.7



Gambar 1.7 Terjadinya proses eksitasi dan de-eksitasi electron

#### D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam aktivitas pembelajaran 1 ini diharapkan pembaca mencoba menganalisis persoalan-persoalan berikut beserta pemecahannya agar diperoleh kemampuan pemahaman yang menyeluruh dari setiap indikator yang diharapkan dikuasai. Contoh-contoh persoalan tersebut sebagai berikut:

1. Berapa panjang gelombang yang dipancarkan atom hidrogen yang mengalami eksitasi elektron dari tingkat keadaan  $n=5$  ke tingkat keadaan  $n=2$ ?

Penyelesaian-1

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2} eV$$

Untuk  $n=5$ ;



$$E_5 = \frac{-13.6}{5^2} eV, E_5 = -0.544 eV$$

Untuk  $n=2$ ;

$$E_2 = \frac{-13.6}{2^2} eV, E_2 = -3.4 eV$$

Beda energi

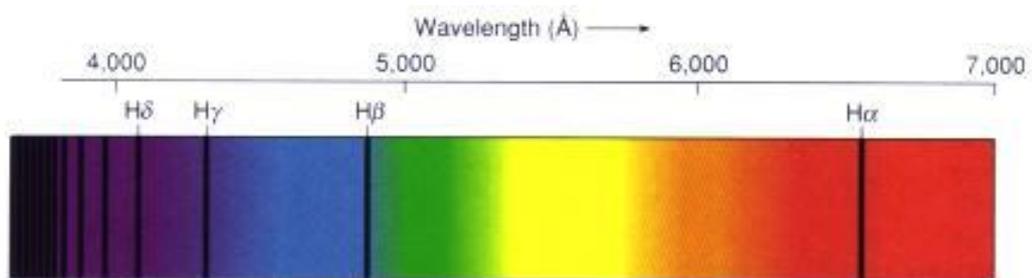
$$\Delta E = E_5 - E_2 = -0.544 - (-3.4) = 2.856 eV$$

Kita tahu bahwa 1 eV setara dengan 1240 nm dan Energi  $E \propto \frac{1}{\lambda}$ , lihat persamaan (7)

Jadi  $\lambda$  untuk 2.856 eV adalah

$$\lambda = \left( \frac{1240}{2.856} \right) = 434 \text{ nm}$$

Panjang gelombang 434 nm pada foto tampak sebagai warna di sekitar warna ultraviolet, lihat gambar 1.8.



Gambar 1.8 Spektrum panjang gelombang cahaya.

Sumber: <http://stars.astro.illinois.edu/sow/h-abs.jpg>.

2. Atom hidrogen dibombardir dan setelahnya elektron tereksitasi dari tingkat energi tertinggi ke tingkat energi terendah  $n=1$  dengan menghasilkan 3 panjang gelombang terbesar. Berapa panjang gelombang ketiganya tersebut?

Penyelesaian-2:

Eksitasi elektron yang menghasilkan 3 gelombang terbesar pada atom hidrogen dapat terjadi dari keadaan tingkat  $n=4$ , tingkat  $n=3$ , dan tingkat  $n=2$  dengan demikian;

$$n=2 \rightarrow n=1 : \Delta E_{21} = -3.4 - (-13.6) = 10.2 eV$$



$$n=3 \rightarrow n=1 : \Delta E_{31} = -1.5 - (-13.6) = 12.2 \text{ eV}$$

$$n=4 \rightarrow n=1 : \Delta E_{41} = -0.85 - (-13.6) = 12.8 \text{ eV}$$

jadi

$$\lambda_1 = \frac{hc}{\Delta E_{21}} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(2.998 \times 10^8 \text{ m/s})}{(10.2 \text{ eV})(1.60 \times 10^{-19} \text{ J/eV})} = 1.22 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{hc}{\Delta E_{21}} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(2.998 \times 10^8 \text{ m/s})}{(12.2 \text{ eV})(1.60 \times 10^{-19} \text{ J/eV})} = 102 \text{ nm}$$

$$\lambda_3 = \frac{hc}{\Delta E_{41}} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(2.998 \times 10^8 \text{ m/s})}{(12.8 \text{ eV})(1.60 \times 10^{-19} \text{ J/eV})} = 96.9 \text{ nm}$$

3. Atom hidrogen memancarkan emisi gelombang Balmer akibat elektron atom hidrogen jatuh dari  $n=\infty$  ke  $n=2$ . Berapakah panjang gelombang yang dipancarkannya?

Penyelesaian-3

$$\Delta E_{\infty 2} = 0 - (-3.4 \text{ eV}) = 3.4 \text{ eV}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(2.998 \times 10^8 \text{ m/s})}{(3.4 \text{ eV})(1.60 \times 10^{-19} \text{ J/eV})} = 366.38 \text{ nm}$$

4. Berapa panjang gelombang energi radiasi yang diperlukan agar hidrogen terionisasi menjadi ion  $H^+$ ?

Penyelesaian-4

Agar elektron lepas atau elektron pindah ke tingkat energi  $n = \infty$  dari tingkat dasar  $n=1$ , maka diperlukan energi pada saat atom hidrogen di tingkat  $n=1$ , yaitu sebesar 13,6 eV. Energi sebesar ini mempunyai panjang gelombang sebesar

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(2.998 \times 10^8 \text{ m/s})}{(13.6 \text{ eV})(1.60 \times 10^{-19} \text{ J/eV})} = 91.34 \text{ nm}$$

5. Atom hidrogen dalam keadaan stabil dibombardir dengan elektron yang dipercepat pada tegangan 12 volt. Berapakah panjang gelombang yang diperkirakan dapat dipancarkan atom hidrogen tersebut?

Penyelesaian-5



Tegangan pemercepat = 12 volt, kita tahu bahwa energi elektron ehubungannya dengan potensial dan muatan elektron adalah

$$V = E/q \text{ (Joule/Coulomb} = J/C = \text{Volt)}$$

$$\text{Jadi } E = q \cdot V,$$

untuk memudahkan energi diambil dalam satuan eV, untuk elektron e,

$E = e \cdot V$  (Joule) atau  $E = V$  (eV), untuk tegangan  $V = 12$  Volt, energinya adalah

$$E = 12 \text{ (eV)}$$

Apakah energi sebesar ini dapat menaikkan elektron ke tingkat yang lebih tinggi dari tingkat dasarnya? Kita lihat energi elektron yang diperlukan untuk naik ke tingkat  $n=2$  energi minimalnya adalah

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -3.4 - (-13.6) = 10.2 \text{ eV}$$

Jadi energi sebesar 12 eV dapat menaikkan elektron ke tingkat  $n=2$ . Jadi panjang gelombang yang dipancarkannya hanya terjadi ketika loncat ke energi sebesar 10.2 eV saja (ingat karena bersifat diskrit).

Untuk energi 10.2 eV panjang gelombang yang dipancarkan adalah sebesar

$$\lambda = \frac{1242}{\Delta E} = \frac{1242 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{10.2 \text{ eV}} = 121.79 = 122 \text{ nm}$$

6. Gas hidrogen dipasang di antara dua elektroda dalam suatu tabung seperti pada percobaan efek fotolistrik. Agar gas hidrogen ini dapat menghantarkan arus listrik, berapa panjang gelombang cahaya foton yang harus dipancarkan ke tabung gas hidrogen?

#### Penyelesaian-6

Supaya menghantarkan arus listrik, gas hidrogen harus menjadi ion hidrogen. Artinya harus ada elektron bebas dalam ruang tabung tersebut. Energi yang diperlukan agar elektron terlepas (terionisasi), yaitu paling sedikit sebesar energi ikat elektron hidrogen di tingkat dasarnya yaitu sebesar -13.6 eV. Jadi panjang gelombang foton yang diperlukan adalah



$$\Delta E = -\infty - (-13.6) = 13.6 \text{ eV}$$

$$\lambda = \frac{1 \text{ eV}}{13.6 \text{ eV}} \times 1240 = 91.2 \text{ nm}$$

7. Salah satu garis pancaran atom hidrogen panjang gelombangnya adalah sebesar 812 nm. Berapa beda energi antar kedua tingkat energinya?

Penyelesaian-7

$$\lambda = 812 \text{ nm}$$

$$\Delta E = \frac{1 \text{ eV}}{\lambda} \times 1240 \text{ nm}$$

$$\Delta E = \frac{1 \text{ eV}}{812 \text{ nm}} \times 1240 \text{ nm}$$

$$\Delta E = 1.52 \text{ eV}$$

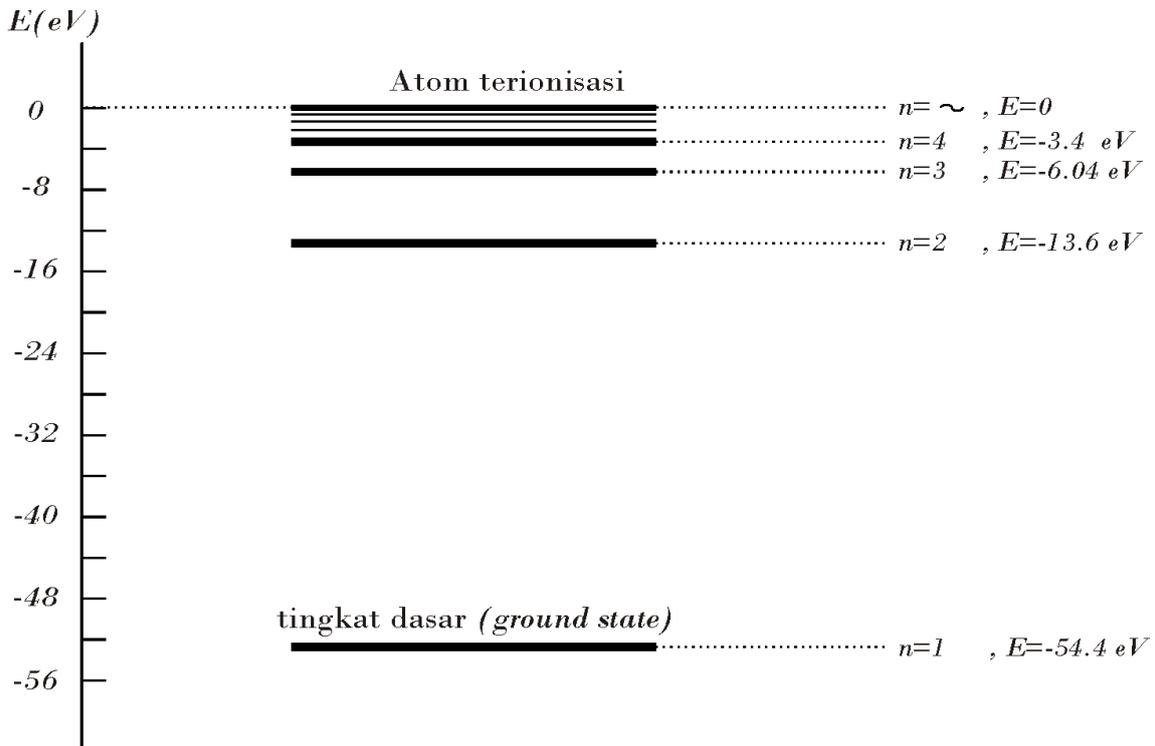
8. Tingkat energi atom tunggal helium yang terionisasi (dua elektronnya terlepas dari atomnya) diberikan oleh persamaan

$$E_n = \frac{-54.4}{n^2} \text{ eV}$$

Gambarlah tingkat energinya?

Penyelesaian-8

n	n <sup>2</sup>	E <sub>n</sub>
1	1	-54.40
2	4	-13.60
3	9	-6.04



Gambar 1.9 Tingkat energi helium

9. Berapa besarnya energi dari dua garis spektrum hidrogen yang panjang gelombangnya terpanjang/terbesar dari deret Paschen?

Penyelesaian-9

Dari soal;

- Merupakan deret Paschen: ciri deret Paschen yaitu loncatan elektron hanya terjadi dari tingkat energi yang di atasnya menuju ke tingkat energi di  $n=3$ .
- Panjang gelombangnya terpanjang; ini berarti mengambil selisih energi yang paling terkecil (sesuai persamaan 7). Dan ini bisa terjadi jika elektron loncat dari  $n=4$  ke  $n=3$  dan dari  $n=5$  ke  $n=3$ , lihat gambar ilustrasi Gk1.

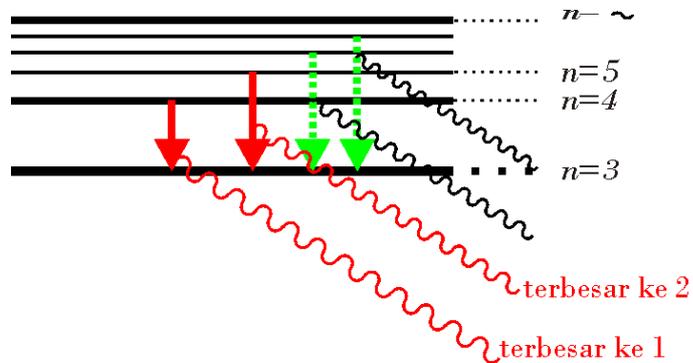
Untuk menghitung garis energi loncatannya, kita perlu hitung energi pada setiap garisnya dari setiap tingkat  $n=3$ ,  $n=4$ ,  $n=5$ , sebagai berikut.

$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2} eV = \frac{-13.6}{9} = -1.51 eV$$

$$E_4 = \frac{-13.6}{4^2} eV = \frac{-13.6}{16} = -0.85 eV$$



$$E_5 = \frac{-13.6}{5^2} eV = \frac{-13.6}{25} = -0.544 eV$$



Gambar 1.10 Panjang Gelombang Emisi deret Paschen dari atom hidrogen

Dengan demikian;

$$\text{Energi kecil pertama : } \Delta E_{43} = -0.85 eV - (-1.51 eV) = 0.66 eV$$

Dengan panjang gelombang

$$\lambda_{43} = \frac{1eV}{0.66 eV} 1243 nm = 1.88 \times 10^{-6} m$$

$$\text{Energi terkecil kedua : } \Delta E_{53} = -0.544 eV - (-1.51 eV) = 0.966 eV$$

Dengan panjang gelombang

$$\lambda_{53} = \frac{1eV}{0.966 eV} 1243 nm = 1.28 \times 10^{-6} m$$

10. Berapa panjang gelombang garis pertama dari deret Paschen atom hidrogen ?

Penyelesaian-10

Deret paschen garis pertama adalah pada n=3.

$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2} eV = \frac{-13.6}{9} = -1.51 eV$$

$$\lambda = \frac{1eV}{1.51 eV} 1240 nm = 821.19 nm$$



## E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Atom litium mempunyai muatan inti  $+3e$ . Carilah energi yang diperlukan untuk kehilangan ke tiga elektron, bilamana pada saat kehilangan ke tiga elektron tersebut, dua elektron telah hilang dari orbitnya?
2. Elektron dalam suatu berkas cahaya elektron dipercepat dengan beda potensial  $V$  menumbuk atom hidrogen yang berada pada tingkat dasarnya. Berapa tegangan maksimum  $V$  agar elektron bertumbukan sempurna dengan elektron atom hidrogen ?
3. Carilah 3 panjang gelombang terpanjang agar elektron atom helium terionisasi dari tingkat dasarnya dan menyerap energi dengan sangat kuat?
4. Seberapa besar energi yang diperlukan agar elektron kedua dari ion tunggal atom helium terlepas? Dan berapa pula panjang gelombang foton yang diperlukan untuk melepas elektron kedua tersebut?
5. Berapakah panjang gelombang spektrum deret Balmer untuk suatu ion helium tunggal?

## F. Rangkuman

Konsep-konsep, teori, dan persamaan dari yang telah dibahas untuk memecahkan beberapa persoalan tentang membahas atom hidrogen yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Parameter-parameter atom hidrogen
- Aturan proses yang terjadi pada atom hidrogen mengacu ke teori atom de Broglie
- Karakteristik untuk tiap partikel bersifat khas
- Terdapat hubungan energi dan panjang gelombang dan hubungan energi dan massa inti
- Proses eksitasi dalam tingkat energi terjadi apabila atom mengalami gangguan. Gangguannya dapat berupa; oleh pemasangan potensial, mendapat kalor, terkena cahaya, dan lain sebagainya.
- Potensial tegangan ( $V$ ) adalah usaha ( $W$ ) atau energi ( $E$ ) yang diperlukan per satuan muatan ( $q$ ) Coulomb. Dalam bentuk persamaan



$$- V = \frac{E}{q} \text{ Joule/Coulomb dengan demikian energi } E \text{ adalah}$$

$$E = V \cdot q \text{ volt.Coulomb}$$

Atau

$$E = V \cdot q \text{ Joule}$$

Untuk muatan elektron  $e$  yang mempunyai muatan sebesar;

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb pada beda potensial } V \text{ energinya adalah}$$

$$E = Vq = V \cdot 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule ,}$$

Karena  $1eV = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$  , maka dalam satuan eV energi nya adalah

$$E = V \text{ eV}$$

Tegangan 12 volt dapat membangkitkan energi sebesar  $E=12 \text{ eV}$ ,  
tegangan 220 volt dapat membangkitkan energi sebesar 220 eV.

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memecahkan masalah fisika inti dari contoh-contoh persoalan yang telah dibahas adalah sebagai berikut:

- Tegangan atau potensial  $V$  dapat membangkitkan energi elektron  $e$  sebesar

$$E = V \text{ eV} = E = Vq = V \cdot 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

- Dalam hal mencari besar energihal yang harus diperhatikan adalah besarnya selisih energi untuk setiap perpindahan partikel elektron dalam atom, energi ionisasi/energi tingkat dasar, dan jumlah elektron atom ( $Z$ ) dengan menggunakan hubungan

$$E_n = -\frac{13.6Z^2}{n^2} eV$$

- Dalam hal penentuan panjang gelombang kaitan dengan energi yang dipancarkan atau diserap, selain penentuan selisih energi dari satu tingkat ke tingkat energi lainnya yaitu memahami penggunaan persamaan



hubungan energi dan panjang gelombang dalam bentuk persamaan

sebagai berikut  $\Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ .

- Untuk mencari panjang gelombang dari selisih energi yang telah didapatkan digunakan persamaan

$$\lambda = \left( \frac{1eV}{\Delta E} \right) (1240)$$

# KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

## ATOM BERELEKTRON BANYAK

### A. Tujuan

Setelah mengikuti bagian pembelajaran 2 ini diharapkan pembaca dapat memahami; prinsip atom netral, bilangan kuantum, dan prinsip larangan Pauli.

### B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Menaksir besarnya energi dari setiap perpindahan elektron dalam tingkat energi atomnya
2. Menentukan bilangan kuantum suatu unsur
3. Menjelaskan pasangan elektron yang bergandengan univalent
4. Mengitung panjang gelombang dari tingkah laku elektron atom berelektron banyak yang mendapat energi gangguan.

### C. Uraian Materi

#### ATOM NETRAL

Jumlah elektron dari suatu atom netral adalah  $Z_e$  dimana  $Z$  adalah bilangan yang menyatakan jumlah elektron. Energi minimal yang mungkin dipunyai atom adalah dimana-elektron-elektronnya berada pada tingkat dasarnya, dimana keadaan individu dari masing-masingnya ditentukan oleh bilangan kuantumnya.

#### BILANGAN KUWANTUM

Kedudukan elektron dalam atom ditentukan oleh parameter bilangan kuantumnya. Berikut adalah bilangan kuantum elektron;

Bilangan kuantum utama ( $n$ ); yaitu bilangan yang menyatakan tempat atau kulit dimana elektron berada mengorbit, berhubungan dengan dekat jauhnya



elektron dari inti, lihat gambar 2.1. Pada atom hidrogen bersesuaian dengan tingkat energinya yaitu  $E_n = -13.6/n^2$  eV.

**Bilangan kuantum orbital ( $l$ );** yaitu bilangan yang menyatakan momentum sudut elektron  $L$  saat mengorbit yang besarnya ditentukan oleh persamaan

$$L = \left( \frac{h}{2\pi} \right) \sqrt{l(l+1)}$$

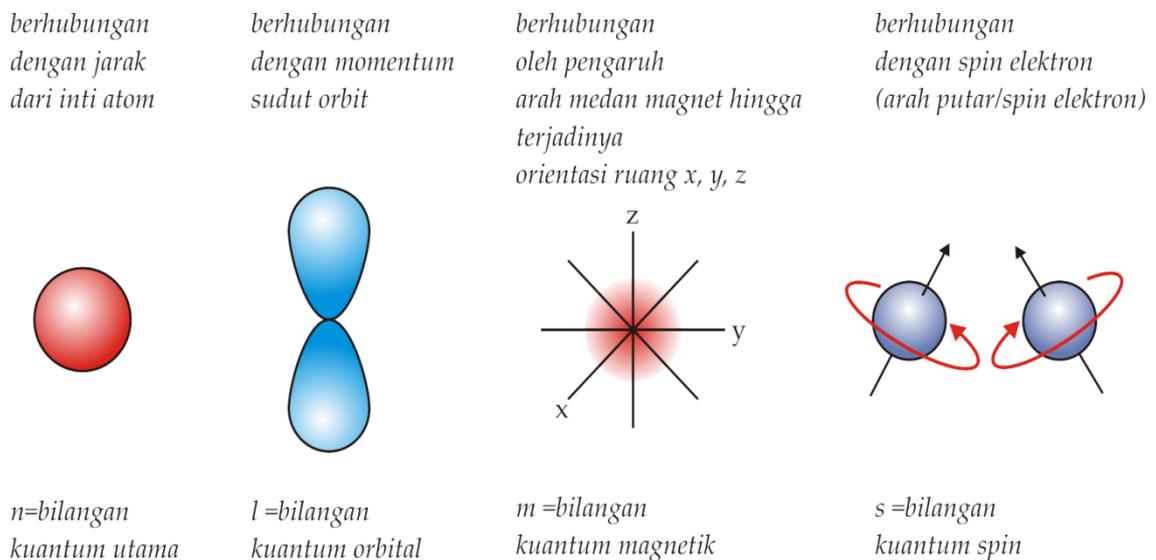
'  $h$  konstanta Planck,  $l = 0, 1, 2, 3, \dots (n-1)$

**Bilangan kuantum magnetik ( $m_l$ );** yaitu bilangan yang menggambarkan vektor momentum sudut orbit elektron relatif terhadap sumbu-z. Arah medan magnetiknya adalah

$$L_z = \left( \frac{h}{2\pi} \right) m_l$$

Dimana  $m_l = 0, +1, +2, +3, \dots, -1$ .

**Bilangan kuantum spin ( $s$ );** yaitu bilangan yang hanya bernilai  $+1/2$  atau  $-1/2$ .



Gambar 2.1 Bilangan kuantum elektron

### LARANGAN PAULI

Pauli menyatakan bahwa tidak ada dua elektron dalam atom yang sama mempunyai satu set bilangan kuantum. Artinya tidak ada elektron yang mempunyai kedudukan yang sama dalam atom.



## D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam aktivitas pembelajaran 2 ini diharapkan pembaca mencoba menganalisis persoalan-persoalan berikut beserta pemecahannya agar diperoleh kemampuan pemahaman yang menyeluruh dari setiap indikator yang diharapkan dikuasai. Contoh-contoh persoalan tersebut sebagai berikut:

1. Taksirlah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari kulit yang terdalam ( $n=1$ ) dari suatu atom emas yang mempunyai muatan inti  $Z=79$ .

### Penyelesaian-1

Karena elektron yang berada pada kulit terdalam adalah yang paling stabil terikat kuat karena jarak terhadap intinya kecil dan elektron-elektron luar lainnya mudah lepas, maka kita gunakan pendekatan, bahwa gaya inti atau energi ikat inti hanya terjadi pada elektron yang terdalam saja, yaitu pada  $n=1$ . Untuk itu bisa kita gunakan persamaan (8) dengan memandang hanya bekerja terhadap elektron tunggal tersebut.

$Z=79$ , dan  $n=1$ , Jadi

$$E_n = -\frac{13.6Z^2}{n^2} eV$$

$$E_n = -\frac{13.6(79)^2}{1^2} eV$$

$$E_n = -84877.6 eV, \text{ atau } E_n = -84.8776 keV$$

Jadi terlihat dari hasil ini, bahwa untuk melepas elektron dari kulit terdalam diperlukan energi sebesar 84.9 keV.

2. Tentukan bilangan kuantum untuk elektron yang berada pada atom litium ( $Z=3$ ) bila atom pada keadaan berada di tingkat dasarnya?

### Penyelesaian

Menurut larangan Pauli, untuk setiap elektron tidak boleh mempunyai bilangan kuantum yang sama. Atom litium mempunyai 3 elektron, masing-masing ia akan menempati orbit pada bilangan kuantumnya masing-masing sebagai berikut;



$$\text{Elektron 1: } n=1, \quad l=0, \quad m_l=0, \quad m_s= + 1/2$$

$$\text{Elektron 2: } n=1, \quad l=0, \quad m_l=0, \quad m_s= - 1/2$$

$$\text{Elektron 3: } n=2, \quad l=0, \quad m_l=0, \quad m_s= +1/2$$

Terlihat pada kulit pertama  $n=1$  ada dua elektron dan pada kulit  $n=2$  ada satu elektron. Pada saat  $n=1$ , haruslah  $l=0$  dan  $m_l=0$ , mengapa? Karena pada  $n=1$  hanya mungkin dapat diduduki oleh dua elektron, dan elektron berikutnya menempati kedudukan di tingkat  $n=2$ , dimana pada tingkat ini, elektron lebih mudah hilang (berdasarkan orbit Bohr) dari pada elektron yang berada pada  $n=1$ . Oleh karena itu atom litium lebih mudah menjadi ion  $Li^+$  (lebih mudah kehilangan 1 elektron).

3. Mengapa garam Na ( $Z=11$ ) merupakan univalent/bergandengan sama sesudah litium, lihat tabel periodik unsur?

Garam mempunyai satu elektron pada kulit ke tiga  $n=3$ . Mengapa? Menurut larangan Pauli pada kulit pertama  $n=1$  hanya bisa diisi oleh dua elektron. 8 elektron lainnya menempati kulit kedua  $n=2$ , dan satu elektron berikutnya menempati kulit  $n=3$ . Urutan masing-masing bilangan kuantumnya adalah:

$$\text{Elektron 1,2: } n=1, \quad l=0, \quad m_l=0, \quad m_s= \pm 1/2$$

$$\text{Elektron 3,4: } n=2, \quad l=0, \quad m_l=0, \quad m_s= \pm 1/2$$

$$\text{Elektron 5,6: } n=2, \quad l=1, \quad m_l=0, \quad m_s= \pm 1/2$$

$$\text{Elektron 7,8: } n=2, \quad l=1, \quad m_l= + 1, \quad m_s= \pm 1/2$$

$$\text{Elektron 9,10: } n=2, \quad l=1, \quad m_l= - 1, \quad m_s= \pm 1/2$$

$$\text{Elektron 11: } n=3, \quad l=0, \quad m_l=0, \quad m_s= + 1/2$$

Terlihat elektron ke=11 harus menempati kulit  $n=3$ , akibatnya elektron ini mudah lepas dan garam menjadi  $Na^+$ .

4. (a) Taksirlah panjang gelombang yang dipancarkan oleh suatu foton agar elektron jatuh dari tingkat energi  $n=2$  ke tingkat energi  $n=1$  dari suatu atom emas ( $Z=79$ )?  
(b) Berapa besar energi untuk membombardir elektron supaya tereksitasi dan memancarkan spektrum garis?



Penyelesaian4

$$(a) E_n = \frac{-13.6(Z)^2}{n^2}$$

$$E_1 = \frac{-13.6(79)^2}{1^2} = -eV = -84.877 \text{ k eV}$$

$$E_2 = \frac{-13.6(79)^2}{2^2} = -21219.4 \text{ eV} = -21.219 \text{ k eV}$$

$$\Delta E_{21} = -21.219 \text{ k eV} - (-84.877 \text{ k eV}) = 63.6582 \text{ keV}$$

$$\lambda = \frac{1}{63658.2} 1240 \text{ nm} = 0.0194 \text{ nm} = 1.94 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$(b) E_1 = \frac{-13.6(79)^2}{1^2} = -84.877 \text{ k eV}$$

$$E_\infty = \frac{-13.6(79)^2}{\infty^2} = 0 \text{ eV}$$

$$\Delta E_{\infty 1} = -0 \text{ eV} - (-84.877 \text{ eV}) = 84.8776 \text{ keV}$$

5. Dimisalkan elektron-elektron dalam suatu atom tidak punya bilangan kuantum spin, dan larangan Pauli tetap berlaku, benarkah akan terjadi antara elektron pada tingkat pertama ( $n=1$ ) saling bergandengan dengan elektron pada tingkat ketiga ( $n=3$ )?

Penyelesaian5

*Ingat:*

$$l = 0, 1, 2, \dots (n-1)$$

$$m_l = 0, +1, -1, +2, -2, \dots (+- l)$$

*Elektron 1:  $n=1, l=0, m_l=0$ , bergandengan/univalent*

Akibat tidak ada spin, elektron 2 berpindah ke  $n=2$ .

*Elektron 2:  $n=2, l=0, m_l=0$ , bergandengan /univalent*

*Elektron 3:  $n=2, l=0, m_l=0$ ,*

*Elektron 4:  $n=2, l=1, m_l=+1$ ,*

*Elektron 5:  $n=2, l=1, m_l=-1$ ,*

*Elektron 6:  $n=3, l=0, m_l=0$ . Bergandengan/univalent*



Setiap elektron yang ditandai dengan “*univalent*” yaitu pada elektron yang berada pada tingkat 1 dan tingkat 3 akan menyebabkan mudah lepas.

- Elektron-elektron suatu atom yang mempunyai nilai bilangan kuantum  $l$  yang sama tetapi nilai  $m_l$  dan  $m_s$  berbeda dikatakan berada pada subkulit yang sama. Berapa jumlah elektron yang bisa hadir pada subkulit  $l=3$ .

#### Penyelesaian 6

Karena  $m_l$  terbatas pada nilai  $m_l=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$  dan  $m_s= \pm 1/2$  saja, kemungkinan elektron yang dapat hadir pada subkulit  $l=3$  adalah

$$(m_l, m_s) = (0, \pm 1/2), (1, \pm 1/2), (-1, \pm 1/2), (2, \pm 1/2), (-2, \pm 1/2), (3, \pm 1/2), (-3, \pm 1/2)$$

Terlihat bahwa terdapat  $7 \times 2 = 14$  elektron yang dapat menduduki subkulit  $l=3$ .

### E. Latihan/Kasus/Tugas

- Berkas elektron dari sinar-X yang berada dalam tabung, dipercepat melalui tegangan 40kV pada ujung-ujung target tungstennya. Berapa panjang gelombang yang dipancarkan dari tabung tersebut?
- Helium pada kulit terluarnya terisi penuh dengan elektron dan bersifat tidak reaktif karena elektronnya tidak mudah lepas. Tunjukkan mengapa neon ( $Z=10$ ) juga bersifat tidak reaktif.
- Kita menginginkan mengusir elektron dari kulit  $n=1$  unsur uranium ( $Z=92$ ) dengan cara seperti pada efek foto listrik. Perkirakanlah panjang gelombang foton terpanjangnya agar mampu untuk mengusir elektron dari tingkat dasarnya tersebut?
- Tunjukkan bahwa kemampuan maksimum elektron yang berada pada subkulit  $l$  adalah  $2(2l+1)$  ?
- Tentukan jumlah elektron yang dapat menduduki subkulit  $l=3$  adalah ?



## F. Rangkuman

Konsep-konsep, teori, dan persamaan dari yang telah dibahas untuk memecahkan beberapa persoalan fisika inti dan yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Parameter-parameter atom
- Aturan proses yang terjadi pada atom mengacu ke teori atom
- Karakteristik untuk tiap partikel bersifat khas
- Hubungan energi dan panjang gelombang
- Hubungan energi dan massa inti
- Proses eksitasi dalam tingkat energi

Hubungan energi, panjang gelombang, massa inti, jenis inti, aturan khusus, dan proses perlakuan yang diterapkan



## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memecahkan masalah atom berelektron banyak dari contoh-contoh persoalan yang telah dibahas adalah sebagai berikut:

- Pada atom yang berelektron banyak, elektron yang berada pada kulit terdalam adalah yang paling stabil jarak terhadap intinya karena dekat inti terikat oleh gaya inti lebih kuat.
- Karena elektron di kulit luarnya lebih mudah lepas, maka gaya inti atau energi ikat inti hanya terjadi pada elektron yang terdalam saja, yaitu pada  $n=1$ . Untuk itu bisa kita gunakan persamaan (8) dengan memandang hanya bekerja terhadap elektron tunggal tersebut.
- Sebagai akibat larangan Pauli, keberadaan elektron mengikuti bilangan kuantum  $n$ ,  $l$ ,  $m$ , dan  $s$  dan nilainya selalu saling terkait mengikuti persamaan:
  - $l = 0, 1, 2, 3, \dots, (n-1)$ , jadi nilai  $l$  bergantung pada nilai  $n$
  - $m_l = 0, +1, +2, +3, \dots, +l$ , jadi nilai  $m$  bergantung pada nilai  $l$
  - $s = +1/2, s$  selalu ada pada setiap elektron

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

### INTI ATOM DAN RADIOAKTIF

#### A. Tujuan

Setelah mengikuti bagian pembelajaran 3 ini diharapkan pembaca dapat memahami; partikel-partikel yang ada dalam suatu inti atom, muatan, nomor atom, satuan massa atom, nomor massa, isotop, energi ikat, peluruhan radio aktif, dan persamaan reaksi inti.

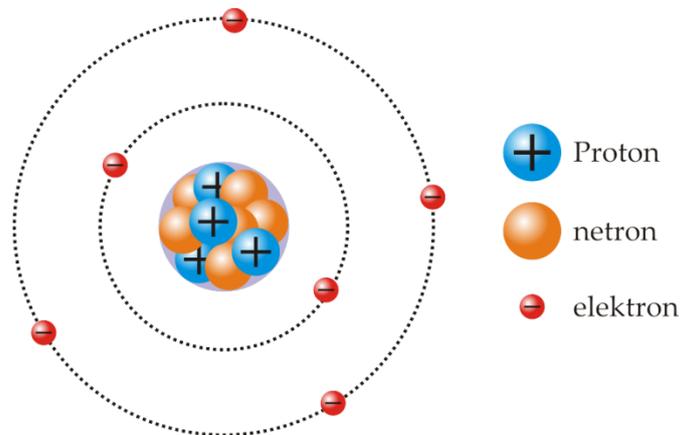
#### B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Menentukan bilangan kuantum suatu unsur
2. Menjelaskan pasangan elektron yang bergandengan univalent
3. Mengitung panjang gelombang dari tingkah laku elektron atom berelektron banyak.

#### C. Uraian Materi

##### INTI ATOM

Telah diketahui dari model atom bahwa inti atom bermuatan positif yang terkonsentrasi di pusat atom dengan jari-jarinya secara kasar di sekitar  $10^{-15}$  m. Jari-jari inti atom sebesar itu, jika dibandingkan dengan jari-jari atom, jari-jari inti lebih besar  $10^{-5}$ .



Gambar 3.1 Model inti atom

Atom hidrogen adalah atom yang sangat ringan dan sederhana dari semua atom. Ia mempunyai inti dengan proton tunggal. Semua inti mengandung proton dan neutron, lihat gambar 3.1. Gabungan neutron dan proton dinamakan nukleon. Masing-masing proton saling tolak menolak sesamanya karena sama muatannya, akan tetapi karena adanya gaya inti yang sangat kuat, (yang bergantung pada jaraknya) maka nukleon tetap dalam kondisi bersama. Gaya ikat inti sesama nukleon ini berkurang jika antar partikelnya terpisahkan dan bahkan bisa nol untuk jarak antar partikel intinya dipisahkan berjarak di atas  $5 \times 10^{-15}$  m.

#### MUATAN INTI DAN NOMOR ATOM (Z)

Setiap proton dalam inti mempunyai muatan  $+e$ , dimana neutronnya tidak mempunyai muatan listrik. Jika inti mempunyai  $Z$  proton, maka muatan inti adalah  $+Ze$ .  $Z$  adalah nomor atom inti. Secara normal, kelistrikan atom adalah netral, karena sejumlah elektron di luar inti jumlahnya  $Ze$  elektron yang menentukan hubungan struktur kimianya suatu atom.

#### SATUAN MASSA ATOM (sma)

Satuan massa atom, (sma); 1 sma adalah 1/12 massa atom karbon C yang ada di Bumi. Jadi

$$1 \text{ sma} = 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931.494 \text{ MeV}/c^2.$$

Pada tabel-1 berikut ditunjukkan beberapa massa partikel inti bersama muatannya.



Tabel 3.1 simbol, massa, dan muatan partikel atom

partikel	simbol	Massa, sma	muatan
proton	$p, H_1^1$	1.0078	+e
netron	$n, {}_0^1n$	1.0087	0
elektron	$e^{-1}, \beta^{-, -1}e$	0.00055	-e
positron	$e^{+}, \beta^{+, +1}e$	0.00055	+e
deutron	$d, {}_1^2H$	2.01355	+e
Partikel alpha	$\alpha, {}_2^4H$	4.0015	+2e

### NOMOR MASSA (A)

Nomor massa atom adalah bilangan yang menyatakan jumlah neutron dan proton dalam inti atom. Karena setiap nukleon mempunyai massa di sekitar 1 sma, nomor massa A mendekati nilai massa intinya dalam satuan sma. Di samping itu juga bahwa elektron itu massanya jauh lebih kecil dari massa inti, oleh karenanya nomor massa A mewakili nilai massa atom.

### ISOTOP

Jumlah neutron dalam inti sangat kecil pengaruhnya terhadap tingkah laku sifat kimia untuk semua atom akan tetapi tidak untuk atom ringan. Dalam alam, atom dalam suatu unsur yang sama nomor atom (Z) nya sering keberadaannya neutronnya berbeda jumlahnya. Atom-atom yang nomor atom Z nya sama tetapi neutronnya berbeda dinamakan isotop. Sebagai contoh, di alam ditemukan 3 isotop oksigen yang mempunyai nomor massa A=16, 17, dan 18. Nomor atom oksigen adalah Z=8. Jadi jumlah neutronnya pada masing-masing isotop tersebut

adalah  $Z-A= 8, 9, \text{ dan } 10$ . Untuk penulisan umum isotop ditulis dengan cara  ${}_Z^A O$   
 $, {}_8^{16}O \quad {}_8^{17}O \quad {}_8^{18}O$

### ENERGI IKAT

Massa atom tidak sama dengan jumlah isi partikel-partikel pembangunnya yaitu proton, neutron, dan elektron. Jadi jika ada proton bebas, elektron bebas, dan



neutron bebas bisa bergabung, maka terjadilah reaksi. Massa atom akan lebih kecil sedikit dibanding dengan jumlah massa partikel-partikel pembentuknya. Kehilangan massa ini akan sama dengan kehilangan energi berdasarkan persamaan Einstein

$$\Delta E_o = (\Delta m)c^2$$

$\Delta E_o$  dikatakan sebagai energi ikat. Kita misalkan  $\Delta E_o = 1$  sma, maka energi ini setara dengan

$$\Delta E_o = (\Delta m)c^2$$

$$\Delta E_o = 1s \max(2.998 \times 10^8)$$

$$\Delta E_o = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (2.998 \times 10^8) \text{ m/s}$$

$$\Delta E_o = 1.49 \times 10^{-10} \text{ J} = 931 \text{ MeV}$$

#### PELURUHAN RADIOAKTIF

Ditemukan di alam bahwa unsur timbal  $Z=82$  bersifat radio aktif. Telah banyak atom unsur buatan dengan nomor atom  $Z$  kecil bersifat radioaktif. Pada zat radioaktif, inti atomnya secara spontan mengeluarkan satu atau lebih partikel dalam suatu proses transformasi energi berubah menjadi inti lain.

Kesetabilan inti radioaktif terhadap peluruhan spontannya diukur dengan waktu-paruh  $t_{1/2}$ . Waktu paruh didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk meluruh menjadi setengah bagian inti yang identik jika digabung kembali. Waktu paruh untuk setiap isotop merupakan bilangan yang tetap.

Proses peluruhan radioaktif merupakan proses acak. Hubungan antara jumlah awal atom  $N$  suatu zat radioaktif terhadap jumlah atom sesudah meluruh  $\Delta N$  selama waktu  $\Delta t$  diberikan oleh persamaan

$$\Delta N = \lambda N \Delta t$$

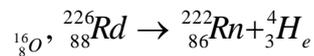
Dimana  $\lambda$  konstanta peluruhan.  $\lambda$  untuk  $t_{1/2}$  diberikan

$$\lambda t_{1/2} = 0.693$$



## PERSAMAAN REAKSI INTI

Menurut persamaan kesetimbangan, jumlah nomor atom (Z) dan jumlah nomor massa (A) sebelum dan sesudah reaksi harus sama. Misal radioaktif radium,  $Rd$  meluruh mengikuti persamaan sebagai berikut



Neutron rendah sangat efektif sebagai agen pembawa untuk terjadinya transmudasi, karena neutron tidak bermuatan, dan inti yang dikenai tidak mengalami penolakan. Untuk transmudasi dengan proton, tentu memerlukan energi yang sangat besar, karena proton bermuatan. Kedua partikel ini sama-sama mempunyai massa yang kecil. Untuk atom dengan energi elektron yang besar, umumnya relatif tidak efisien untuk terjadinya transmudasi inti.

## D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam aktivitas pembelajaran 3 ini diharapkan pembaca mencoba menganalisis persoalan-persoalan berikut beserta pemecahannya agar diperoleh kemampuan pemahaman yang menyeluruh dari setiap indikator yang diharapkan dikuasai.

Contoh-contoh persoalan tersebut sebagai berikut:

1. Jari-jari inti atom karbon C kira-kira adalah  $3 \times 10^{-15}$  m. Massa atom (A) karbon adalah 12 sma. Carilah massa jenis intinya dan berapa besar jika dibanding dengan massa jenis air?

### Penyelesaian-1

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{12 \text{ sma} \times 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg/sma}}{\frac{4}{3} \pi (3 \times 10^{-15})^3} = 1.8 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

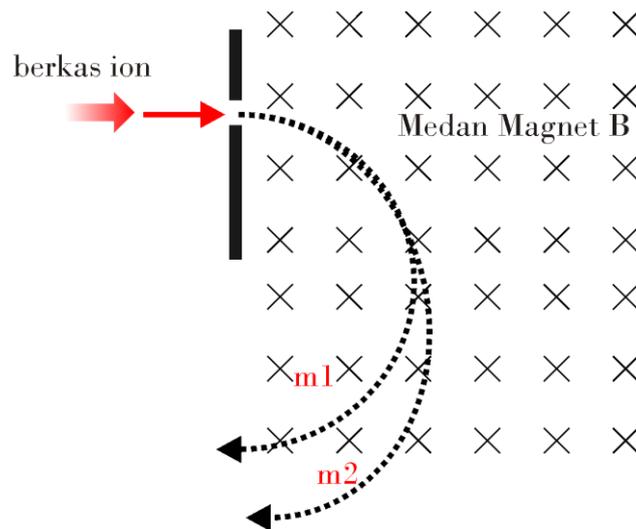
$$\text{rasio} = \frac{\rho}{\rho_{\text{air}}} = \frac{1.8 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 1.8 \times 10^{14}$$

2. Dalam suatu alat “spektrograf massa”, massa suatu ion ditentukan dengan cara ion tersebut diarahkan ke suatu medan magnet untuk diketahui simpangannya. Suatu ion klorida ditembakkan tegak lurus ke medan magnet



$B=0.105 T$  dengan kecepatan  $5 \times 10^4 m/s$ . (penyetelan kecepatan dilakukan dengan selektor kecepatan). Klorida mempunyai dua massa isotop utama yaitu massa  $34.97 sma$  dan  $36.97 sma$ . Berapakah jari-jari lintasan kedua isotop tersebut ketika berada dalam medan magnet?

Penyelesaian-2



Gaya magnet terhadap muatan yang bergerak

$$F_M = Bqv,$$

Gaya sentripetal muatan yang bergerak dengan kecepatan  $v$

$$F_s = m \frac{v^2}{r}$$

Jadi

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

Untuk isotop ion yang bermassa  $m_1$

$$m_1 = 34.97 sma \times 1.66 \times 10^{-27} kg / sma = 58.1 \times 10^{-27} kg$$

Jari-jari lintasannya:

$$r_1 = \frac{m_1 v}{Bq} = \frac{(58.1 \times 10^{-27} kg)(5 \times 10^4 m/s)}{(0.105 T)(1.6 \times 10^{-19} C)} = 0.17 m$$

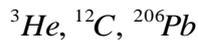
Untuk isotop ion yang bermassa  $m_2$

$$m_2 = 36.97 sma \times 1.66 \times 10^{-27} kg / sma = 61.1 \times 10^{-27} kg$$



$$r_2 = \frac{m_2 v}{Bq} = \frac{(61.4 \text{ kg} \times 10^{-27} \text{ kg})(5 \times 10^4 \text{ m/s})}{(0.105 \text{ T})(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})} = 0.18 \text{ m}$$

3. Berapa jumlah proton, neutron, dan elektron pada atom berikut:



Penyelesaian-3

${}^3\text{He}$ , nomor atom He ( $Z=2$ ), proton =2, neutron=3-2=1, elektron=2

${}^{12}\text{C}$ , nomor atom C ( $Z=6$ ), proton =6, neutron=12-6=6, elektron=6

${}^{206}\text{Pb}$ , nomor atom Pb ( $Z=82$ ), proton =82, neutron=206-82=124, elektron=82

4. Berapa energi ikat atom  ${}^{12}\text{C}$  ?

Penyelesaian-4

Satu atom  ${}^{12}\text{C}$  memuat; 6 proton, 6 neutron, dan 6 elektron. Energi ikat pasangan proton-elektron untuk inti ringan (jumlah protonnya sedikit) dapat dianggap sangat kecil dan dapat diabaikan, lihat tabel berikut.

Tabel 3.2 massa partikel

partikel	simbol	Massa, sma	muatan
proton	$p, {}^1_1\text{H}$	1.0078	+e
netron	$n, {}^1_0\text{n}$	1.0087	0
elektron	$e^{-1}, \beta^{-}, {}^0_{-1}\text{e}$	0.0005486	-e
positron	$e^{+}, \beta^{+}, {}^0_{+1}\text{e}$	0.0005486	+e
deutron	$d, {}^2_1\text{H}$	2.01355	+e
Partikel alpha	$\alpha, {}^4_2\text{H}$	4.0015	+2e

Massa 6 proton p = 6 x 1.007276 sma

Massa 6 neutron n = 6 x 1.008665 sma



Jumlah total massa komponen partikel  $^{12}\text{C} = 12.0990 \text{ sma}$

Massa atom  $^{12}\text{C} = 12 \text{ sma}$

Selisih massa = massa energi ikat, =  $12.0990 - 12 = 0.0990 \text{ sma}$

Dalam satuan MeV;

1 sma = 931 MeV

jadi energi ikat  $^{12}\text{C} = 0.0990 \text{ sma} \times 931 \text{ MeV} = 92.169 \text{ MeV}$

## E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Atom Kobal-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) sering digunakan sebagai sumber radiasi untuk pengobatan. Umur paruhnya 5.25 tahun. Telah berapa lama suatu sampel, jika sudah meluruh;
  - (a) 1/8 dari awal, menggunakan logika?
  - (b) 1/3 dari awal menggunakan grafik G1. ?
  - (c) 1/3 dari awal menggunakan fungsi eksponensial  $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ , dan
  - (d) berapa bagian setelah 20 tahun.
2. Potasium ditemukan di alam terdiri atas dua isotop. Salah satu isotop 93% dari massa atom keseluruhannya bermassa 38.975 sma. Isotop lainnya 6.6% bermassa 40.974 sma. Hitunglah massa potasium yang ditemukan di alam tersebut?
3. Waktu paruh radium adalah  $1.62 \times 10^3$  tahun. Berapa banyak atom radium perdetik meluruh dari sampel? Massa atom radium 226 kg/kmol.



## F. Rangkuman

Konsep-konsep, teori, dan persamaan dari yang telah dibahas untuk memecahkan beberapa persoalan fisika inti dan yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Parameter-parameter atom
- Aturan proses yang terjadi pada atom mengacu ke teori atom
- Karakteristik untuk tiap partikel bersifat khas
- Terdapat hubungan energi dan panjang gelombang, energi dapat menjadi gelombang, dan gelombang dapat menjadi energi.
- Hubungan energi dan massa inti
- Proses eksitasi dalam tingkat energi

Hubungan energi, panjang gelombang, massa inti, jenis inti, aturan khusus, dan proses perlakuan yang diterapkan

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memecahkan masalah inti atom dan radioaktif dari contoh-contoh persoalan yang telah dibahas adalah sebagai berikut:

- Dalam membaca suatu unsur apa saja, misal  ${}^{12}_6\text{C}$  perlu diperhatikan bahwa setiap unsur apapun terbentuk dari partikel-partikel pembentuknya (boleh jadi terdiri atas ; proton, netron, atau elektron).
- Energi ikat pasangan proton-elektron untuk inti ringan, jumlah protonnya sedikit, dapat dianggap sangat kecil.
- Untuk menentukan waktu paruh  $t_{1/2}$  sebaiknya menggunakan persamaan

$$t_{1/2} = t \left( \frac{\ln(2)}{\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)} \right)$$

- Terdapat hubungan energi dan panjang gelombang, energi dapat menjadi gelombang, dan gelombang dapat menjadi energi.



# KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

## APLIKASI FISIKA INTI

### A. Tujuan

Setelah mengikuti bagian kegiatan pembelajaran 4 tentang aplikasi fisika inti diharapkan pembaca dapat memahami; energi ikat untuk atom dengan inti besar, reaksi fisi, reaksi fusi, dosis radiasi, potensial bahaya radiasi, dosis efektif, momentum partikel.

### B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Menjelaskan perbedaan sifat inti kecil dan besar
2. Menjelaskan karakteristik dan parameter partikel atom; proton, neutron, dan elektron.
3. Menentukan energi ikat inti-inti dengan jari-jari besar
4. Menghitung energi ikat nukleon
5. Menghitung jumlah reaksi fisi perhari
6. Menghitung jumlah tumbukan partikel yang diperlukan dalam reaksi inti
7. Menentukan beda potensial untuk membangkitkan energi reaksi inti
8. Menghitung kehilangan massa dalam suatu reaksi inti yang terjadi di Matahari.
9. Menaksir potensi bahaya radiasi dan dosis radiasi
10. Menghitung dosis radiasi

### C. Uraian Materi

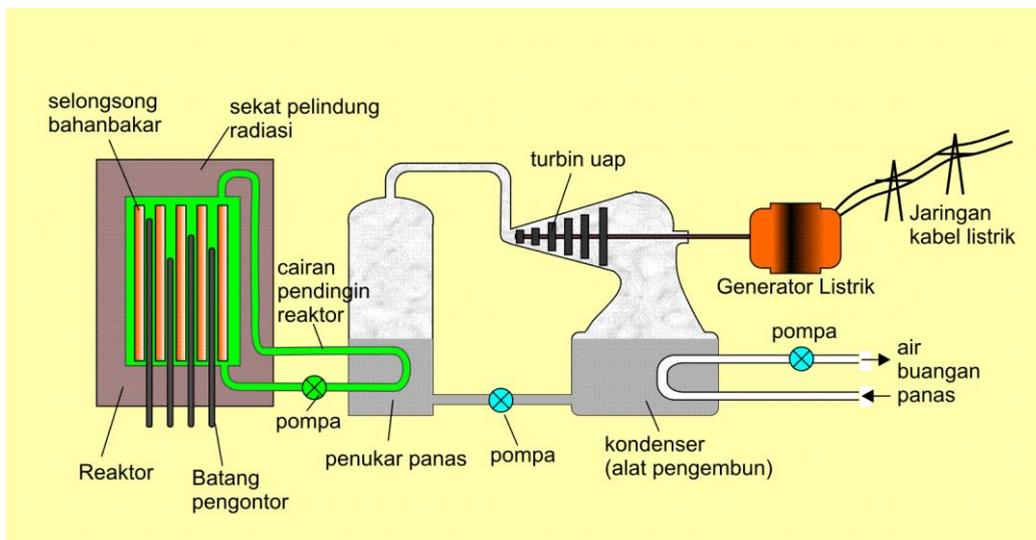
#### REAKSI FISI

Untuk inti besar, seperti halnya inti atom uranium, energi yang dibebaskan bisa dihasilkan akibat terjadi inti pecah menjadi dua atau tiga inti ukuran sedang. Pada kejadian reaksi fisi dapat terjadi sebagai hasil induksi kuat inti besar dengan neutron rendah yang berenergi moderat. Pada reaksi fisi



dihasilkan neutron sebagai gantinya, dan dapat menyebabkan lebih lanjut fisi berikutnya dan neutron semakin banyak dihasilkan. Jika neutron yang dihasilkan konstan atau bertambah dalam suatu kurun waktu, prosesnya dinamakan reaksi berantai yang berkelanjutan.

Energi yang dihasilkan dari reaksi fisi nuklir terkendali di dalam reaktor nuklir dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik. Instalasi pembangkitan energi listrik semacam ini dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN).



Gambar 4.1 Skema pembangkit listrik tenaga nuklir

(Sumber: <http://reactor.engr.wisc.edu>)

Salah satu bentuk reaktor nuklir adalah reaktor air bertekanan (pressurized water reactor/PWR) yang skemanya ditunjukkan dalam gambar. Energi yang dihasilkan di dalam reaktor nuklir berupa kalor atau panas yang dihasilkan oleh batang-batang bahan bakar. Kalor atau panas dialirkan keluar dari teras reaktor bersama air menuju alat penukar panas (heat exchanger). Di sini uap panas dipisahkan dari air dan dialirkan menuju turbin untuk menggerakkan turbin menghasilkan listrik, sedangkan air didinginkan dan dipompa kembali menuju reaktor. Uap air dingin yang mengalir keluar setelah melewati turbin dipompa kembali ke dalam reaktor.



Untuk menjaga agar air di dalam reaktor (yang berada pada suhu 300°C) tidak mendidih (air mendidih pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm), air dijaga dalam tekanan tinggi sebesar 160 atm. Tidak heran jika reaktor ini dinamakan reaktor air bertekanan

### REAKSI FUSI

Pada reaksi fusi, inti kecil, seperti halnya hidrogen atau helium bergabung membentuk inti yang masif dan sejumlah energi dibebaskan. Reaksi fusi umumnya untuk mengawalnya sangat sulit dan bertahan karena inti harus bergabung bersama dan mengalami penolakan gaya Coulomb. Hanya terkecuali partikel yang bergerak maju sesamanya dengan energi yang besar masuk cukup kuat untuk bergabung mengikatkan diri. Reaksi fusi ini dapat terjadi di bintang karena rapat massa yang cukup tinggi dan partikelnya mempunyai energi termal yang sangat kuat bertindak sebagai objek panas yang ekstrim.

### DOSIS RADIASI

Dosis radiasi didefinisikan sebagai besaran energi radiasi yang diserap dalam satuan massa bahan. Suatu bahan/zat menerima dosis 1 gray (Gy) bila 1 J energi diserap oleh suatu bahan bermassa dalam satuan kg. Dengan demikian 1 Gy adalah sama dengan 1 J/kg. Gy adalah satuan SI, satuan lain yang dipakai adalah rad (rd), dimana 1 rd= 0.01 Gy.

### POTENSIAL BAHAYA RADIASI

Setiap jenis energi radiasi mempunyai karakteristik derajat bahaya merusak terhadap jaringan mahluk hidup. Bahaya merusaknya bergantung pula pada jenis jaringannya. Potensi pengaruh perusakan untuk suatu jenis radiasi dinyatakan dengan “faktor kualitas” QF dari penyebab radiasi itu sendiri. Aturan khusus, bahwa potensi bahaya perusakan relatif ditentukan oleh bahaya yang disebabkan 200-keV sinar-X, yaitu :

$$QF = \frac{\text{Efek biologi 1 Gy radiasi}}{\text{Efek biologi 1Gy dari 200 keV sinarX}} \dots\dots\dots(4-1)$$



Sebagai contoh, jika pada kondisi khusus 10 Gy radiasi akan menyebabkan 7 kali lebih merusak dari pada 10 Gy 200-keV Sinar-X, maka nilai QF = 7, dan sering disingkat dalam satuan *RBE* (Efektivitas Biologi relatif/*Relative Biological Effectiveness*(RBE) yang setara dengan satuan QF.

#### DOSIS EFEKTIF

Dosis efektif adalah dosis radiasi modifikasi untuk menyatakan radiasi bahaya perusakan terhadap jaringan. Dalam satuan SI adalah *Sievert* (Sv), yang didefinisikan sebagai produk dosis dalam satuan gray dan faktor kualitas QF.

$$\text{Dosis Efektif} = (QF)(Gy) \dots\dots\dots(4-2)$$

Sebagai contoh, misal suatu jenis jaringan teradiasi dengan faktor kualitas 3 dan 5 Gy. Maka dalam satuan Sievertnya adalah = 3 x 5 = 15 Sv.

Terdapat satuan lain untuk menyatakan dosis radiasi yaitu rem (radiasi ekuivalen manusia) dan sangat banyak digunakan. Dimana 1 rem = 0.01 Sv.

#### DOSIS EQUIVALEN RADIASI

Dari hasil proses reaksi ini, kita tahu bahwa dapat menghasilkan beberapa partikel baru seperti neutron, alpha, beta, sinar-x, sinar gamma dan lain-lainnya dengan kecepatan yang sangat tinggi. Jika partikel atau sinar ini mengenai suatu benda atau jaringan dapat menyebabkan terjadinya proses ionisasi, yaitu proses pelepasan elektron dari atomnya. Oleh karena itu, khusus untuk suatu jaringan tubuh yang terkena pancaran radiasi ini, jika terlalu besar dosisnya akan menyebabkan bahaya bagi jaringan tubuh. Ukuran untuk menyatakan dosis radiasi telah dibahas sebelumnya. Pada bagian ini akan dibicarakan tentang kesetaraan dosis radiasi.

Ada tiga faktor radiasi yang diterima oleh suatu jaringan tubuh, yaitu

- Besarnya dosis yang diserap jaringan tubuh
- Jenis radiasi yang diserap, apakah partikel alpha, betha, atau sinar gamma.
- Jenis organ jaringan tubuh yang terkena



Pada tabel 4.2 berikut diperlihatkan bobot radiasi dari beberapa jenis pancaran radiasi.

Tabel 4.2 Bobot radiasi dari beberapa jenis pancaran radiasi

Jenis radiasi	Bobot radiasi ( $W_R$ )
Partikel alpha	20
Partikel Beta	1
Sinar gamma	1
Neutron rendah	3

Dosis ekuivalen ( $H$ ) atau dosis kesetaraan adalah pengaruh radiasi terhadap jaringan tubuh (biologi-effect) yang menyebabkan terjadinya proses ionisasi dalam tubuh/jaringan. Persamaan dosis ekuivalen diberikan oleh persamaan

$$H = DW_R$$

Dosis ekuivalen diukur menggunakan satuan (Sv).

Dosis kesetaraan ini bergantung pada:

- Jenis radiasi
- Besar energi radiasi
- Dan seberapa besar suatu jaringan dapat menyerap energi radiasi

Contoh. Seorang pasien dengan berat badan 70kg tubuhnya diterapi radiasi dengan radio terapi. Tumor pasien tersebut massanya 250 g dan menerima energi radiasi sebesar 20 J. Berapa dosis yang diterima tumor?

Jawab

Dosis ( $D$ ) adalah

$$D = \frac{E}{m} = \frac{20}{250 \times 10^{-3}} = 80 \text{ Gy}$$

Seorang pekerja di reaktor nuklir menerima radiasi nuklir dari neutron kecepatan rendah sebesar 400 Gy dan dari radiasi gamma sebesar 2 mGy. Hitunglah jumlah total radiasi yang diterima pekerja?

Jawab

Dosis ekuivalen dari neutron rendah adalah



$$\begin{aligned} H_{\text{neutrons}} &= DW_R \\ &= 400 \times 10^{-6} \times 3 \\ &= 1.2 \text{mSv} \end{aligned}$$

Dosis ekuivalen dari radiasi gamma adalah

$$\begin{aligned} H_{\text{gamma}} &= DW_R \\ &= 2 \times 10^{-3} \times 1 \\ &= 2.0 \text{mSv} \end{aligned}$$

Jadi total dosis radiasi yang diterima pekerja adalah.

$$\begin{aligned} H &= H_{\text{neutrons}} + H_{\text{gamma}} \\ &= 1.2 + 2.0 \\ &= 3.2 \text{mSv} \end{aligned}$$

#### PEMERCEPAT ENERGI TINGGI

Partikel-partikel bermuatan dapat dipercepat hingga energinya tinggi dengan cara memasukkan ke suatu lintasan melingkar yang berulang. Setiap kali suatu partikel (bermuatan) melintasi lintasan, partikel jatuh melalui suatu beda potensial  $V$ . Sesudah  $n$  kali berputar melalui lintasan energinya bertambah sebesar  $q(nV)$ . Untuk supaya partikel tetap berputar dalam suatu lingkaran dipasang medan magnet untuk menghasilkan gaya sentripetal. Persamaan gaya magnetnya adalah  $Bqv$  dan gaya sentripetalnya adalah  $mv^2/r$  hingga didapat persamaan

$$mv = Bqr \dots\dots\dots(4-3)$$

Arti persamaan (4-3) bahwa partikel bermassa  $m$  dan bermuatan  $q$  akan mengitari lintasan dengan jari-jari  $r$  dalam suatu medan magnet  $\mathbf{B}$  tegak lurus.

#### MOMENTUM PARTIKEL

Total energi partikel adalah energi kinetik  $EK$  ditambah energi diam, jadi  $E = KE + mc^2$  dan  $E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$ , berdasarkan ini, diperoleh

$$KE = \sqrt{m^2c^4 + p^2c^2} - mc^2 \dots\dots\dots(4-3)$$

### D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam aktivitas pembelajaran 4 ini diharapkan pembaca mencoba menganalisis persoalan-persoalan berikut beserta pemecahannya agar



diperoleh kemampuan pemahaman yang menyeluruh dari setiap indikator yang diharapkan dikuasai. Contoh-contoh persoalan tersebut sebagai berikut:

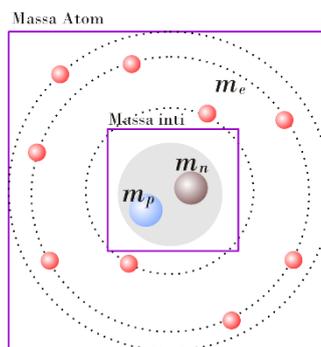
1. Energi ikat per nukleon untuk uranium  $^{238}\text{U}$  adalah 7.6 Mev. Setiap nukleonya pecah mengeluarkan energi 8.6 MeV. Jika intinya (gabungan n-p) pecah menjadi dua bagian sama besar, berapa energi yang dilepaskan dalam proses ini?

Penyelesaian-1

Terdapat 238 nukleon (kumpulan proton-netron). Setiap nukleon pecah menjadi dua bagian (proton terlepas dari netron) dan pada saat pecah energinya menjadi =  $8.6-7.6=1$  MeV. Karena jumlah nukleonya adalah 238, jadi energi untuk seluruh nukleon yang pecah (ditandai dengan massa inti berubah menjadi dua bagian) energi yang dapat dilepas adalah sebesar =  $238 \times 1\text{MeV}=238$  MeV.

2. Massa atom  $^{238}_{92}\text{U} = 238.05079$  sma, massa proton  $m_p = 1.007276$  sma dan massa netron  $m_n = 1.008665$  sma, dan massa elektron  $m_e = 0.000549$  sma. Berapa energi ikat inti  $^{238}_{92}\text{U}$ , dan Berapa energi ikat per nukleon (energi ikat tiap p-n nya)?

Penyelesaian-2



Ingat bahwa massa atom selalu lebih kecil dari jumlah massa partikel-partikelnya.

**Massa atom**  $^{238}_{92}\text{U} = 238.05079$  sma;

Jumlah **massa proton** =  $92 \times 1.007276$  sma =  $92.669392$  sma

Jumlah **massa netron** =  $(238-92) \times 1.008665$  sma =  $147.26509$  sma



Jumlah **massa elektron** =  $92 (0.000549) = 0.050508 \text{ sma}$

Jumlah **massa inti** = Massa atom – Massa elektron =  $238.05079 - 0.050508 = 238.000282 \text{ sma}$

Energi ikat nukleon inti = selisih massa inti  $\Delta m$ .

selisih massa inti  $\Delta m = (\text{Jumlah **massa proton** + jumlah **massa neutron**)} - \text{jumlah **massa inti**}$ .

selisih massa inti  $\Delta m = (92.669392 \text{ sma} + 147.26509 \text{ sma}) - 238.000282 \text{ sma} = 1.9342 \text{ sma}$

selisih massa inti  $\Delta m = 1.9342 \text{ sma} \times 931 \text{ MeV} = 1800.7402 \text{ MeV}$

Energi ikat per nukleonnya =  $\frac{1800.7402}{238} = 7.566 \text{ MeV}$

3. Reaksi fisi atom  $^{238}\text{U}$  dalam reaktor membebaskan energi 200 MeV, jika 20% nya dari energi tersebut menghasilkan daya 700 MW (a) Berapa reaksi fisi yang terjadi tiap detik?, (b) Berapa konsumsi atom uranium tiap hari?, (c) dan berapa pula massa uranium dikonsumsi tiap hari?

#### Penyelesaian-3

(a) 20% dari 200 MeV berdaya 700 MW =  $700 \times 10^6 \text{ J/s}$ .

Artinya 20% =  $0.2 \times 200 \text{ MeV} = \underline{40 \text{ MeV}} = (40 \times 10^6)(1.6 \times 10^{-19}) = 64 \times 10^{-13} \text{ J}$ .

jadi jumlah reaksi fisi perdetik =  $\frac{700 \times 10^6 \text{ J/s}}{64 \times 10^{-13} \text{ J}} = 1.09 \times 10^{20} \text{ 1/s}$ .

(b) Satu hari = **86400** detik (atau 86400 s/hari), jadi jumlah reaksi fisi per hari'

=  $1.09 \times 10^{20} (1/s) \times 86400 (s/hari) = 9.41 \times 10^{24} \text{ 1/hari}$

(c) 1 mol (mol = kg/Nomor Massa) unsur apa saja  $6.02 \times 10^{26}$  atom

1 mol (mol = g/Nomor Massa) unsur apa saja  $6.02 \times 10^{23}$  atom

Jadi

Untuk 238 **kg** uranium =  $(238/238) \times 6.02 \times 10^{26}$  atom.

Untuk 1 **kg** uranium =  $1/238 \times 6.02 \times 10^{26} = 0.025 \times 10^{26}$  atom.

Berat uranium yang dikonsumsi tiap hari =

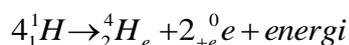
$$= \frac{\text{jumlah atom per hari}}{\text{jumlah atom per kg}}$$



$$= \frac{9.41 \times 10^{24} \text{ 1/hari}}{0.025 \times 10^{26} \text{ 1/kg}} = 3.76 \text{ kg/hari}$$

## E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Neutron yang digunakan untuk reaksi fisi haruslah diperlambat sebelum tumbukan dengan inti moderator agar efektif . Neutron yang berenergi 800 keV diperlemah 40% energinya untuk tumbukan. Berapa jumlah tumbukan untuk sampai ke energi sebesar 0.040 eV?
2. Untuk menguji struktur inti, titik partikel dibuat agar menghasilkan panjang gelombang de Broglie sebesar  $10^{-16} \text{ m}$ . Berapakah beda potensial pada penarikan partikel elektron tersebut agar memperoleh panjang gelombang sebesar itu?
3. Suatu reaksi fusi terjadi di Matahari mengikuti reaksi pembentukan 4 atom hidrogen hingga menghasilkan energi sebagai berikut:



Dimana  ${}_+e^0$  adalah positron (elektron bermuatan positif). Berapa massa yang hilang dikonsumsi untuk reaksi 1 kg atom hidrogen dari matahari itu sendiri untuk terjadinya reaksi tersebut?

Diketahui;  $\text{massa } {}_1^1\text{H} = 1.007825 \text{ sma}$ ,  $\text{massa } {}_2^4\text{He} = 4.002604 \text{ sma}$ ,  
 $\text{massa } {}_+e^0 = 0.000549 \text{ sma}$ , dan elektron ikut bereaksi dalam reaksi ini.

## F. Rangkuman

Konsep-konsep, teori, dan persamaan dari yang telah dibahas untuk memecahkan beberapa persoalan fisika inti dan yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Parameter-parameter atom
- Aturan proses yang terjadi pada atom mengacu ke teori atom
- Karakteristik untuk tiap partikel bersifat khas
- Hubungan energi dan panjang gelombang



- Hubungan energi dan massa inti
- Proses eksitasi dalam tingkat energi

Hubungan energi, panjang gelombang, massa inti, jenis inti, aturan khusus, dan proses perlakuan yang diterapkan

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memecahkan masalah inti atom dan radioaktif dari contoh-contoh persoalan yang telah dibahas adalah sebagai berikut:

- Jika nukleon ( $n-p$ ) pecah akan mengeluarkan energi dan jika bergabung membutuhkan energi.
- Perlu diingat bahwa **massa atom** selalu lebih kecil dari jumlah massa partikel-partikelnya.
- **Massa inti = Massa atom – Massa elektron**
- Dari nilai daya dapat dicari jumlah reaksi yang terjadi tiap detik asalkan energinya diketahui atau jumlah kejadian perdetik sama dengan daya dibagi energi, ingat bahwa ;

$$P = E/s$$

jadi

$$1/s = P/E.$$

- Ingat bahwa konversi eV (elektron volt) ke Joule sebagai berikut:

$$1\text{eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J} .$$

Jadi energi dalam Joule (E<sub>J</sub>)

$$E_{(J)} = E_{(eV)} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

Misal energi 10MeV dalam Joule =  $(10 \times 10^6) (1.6 \times 10^{-19})$  Joule

## KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

### A. Kegiatan Pembelajaran 1: Atom Hidrogen

#### Penyelesaian latihan 1:

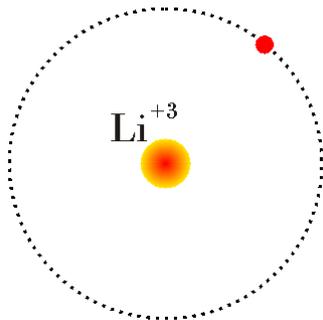
Dari soal, muatan inti  $Z=3$  dan dua elektron telah hilang pada saat munculnya ketiga muatan inti ini. Jadi muatan inti sebanyak  $Z=3$  ini hanya bekerja terhadap satu elektron yang mengitari inti, lihat gambar s.3. Besar energi untuk  $Z=3$ , menurut persamaan (8) bahwa

$$E_n = -\frac{13.6Z^2}{n^2} eV$$

Dengan mengambil energi ionisasinya, karena kemunculan muatan positif inti, maka  $n=1$ . Dengan memasukkan pada persamaan tersebut, diperoleh energi

Sebesar

$$E_n = -122.4 eV$$



Gambar s3.

#### Penyelesaian latihan 2

Agar elektron dari berkas bertumbukan dengan elektron atom hidrogen, maka elektron atom hidrogen harus terlepas dari intinya. Energi minimal agar elektron terlepas dari intinya adalah sebesar energi loncat elektron dari tingkat dasar ( $n=1$ ) ke tingkat eksitasi ke dua ( $n=2$ ).



Energi di tingkat dasar ( $n=1$ ) adalah

$$E_1 = \frac{-13.6}{1^2} = -13.6 eV$$

Energi eksitasi elektron di tingkat kedua ( $n=2$ ) adalah

$$E_2 = \frac{-13.6}{2^2} = -3.4 eV$$

Jadi energi yang diperlukan untuk loncat ke tingkat  $n=2$  adalah

$$\Delta E_{21} = -3.4 eV - (-13.6 eV) = 10.2 eV$$

Beda potensial supaya tumbukan sempurna terjadinya minimal kurang dari

$$V = E/q = 10.2 eV/e = 10.2 \text{ Volt}$$

Atau  $< 10.2$  volt.

### Penyelesaian latihan 3

Untuk terjadi tiga panjang gelombang terpanjang, maka kita harus tentukan terlebih tingkat energi yang mungkin yang diloncati elektron, yaitu ada tiga yang mungkin;

Dari  $E_2$  ke  $E_1$ , dari  $E_3$  ke  $E_1$ , dan dari  $E_4$  ke  $E_1$ , oleh karenanya kita tentukan dulu masing-masing energi pada setiap tingkatan yang mungkin tersebut, yaitu:

$$E_1 = \frac{-54.4}{1^2} = -54.4 eV$$

$$E_2 = \frac{-54.4}{2^2} = -13.6 eV$$

$$E_3 = \frac{-54.4}{3^2} = -6.04 eV$$

$$E_4 = \frac{-54.4}{4^2} = -3.46 eV$$

Untuk mencari panjang gelombang ketika elektron meloncat untuk masing-masing tingkatan adalah sebagai berikut;

$$\Delta E_{21} = -13.6 eV - (-54.4 eV) = 40.8 eV$$

$$\lambda_{21} = \frac{1 eV}{40.8 eV} 1240 nm = 30.4 nm$$

$$\Delta E_{31} = -6.04 eV - (-54.4 eV) = 48.36 eV$$

$$\lambda_{31} = \frac{1 eV}{48.36 eV} 1240 nm = 25.64 nm$$

$$\Delta E_{41} = -3.46 eV - (-54.4 eV) = 51 eV$$

$$\lambda_{41} = \frac{1 eV}{51 eV} 1240 nm = 24.31 nm$$



#### Penyelesaian latihan 4

Elektron kedua masih berada di tingkat energi dasar ( $n=1$ ), jadi

$$E_1 = \frac{-54.4}{1^2} = -54.4 \text{ eV}$$

$$E_\infty = \frac{-54.4}{\infty^2} = -0 \text{ eV}$$

$\Delta E_{\infty 1} = 54.4 \text{ eV}$  dan panjang gelombang agar elektron terlepas oleh foton, haruslah foton mempunyai panjang gelombang.

$$\lambda_{\infty 1} = \frac{1 \text{ eV}}{54.4 \text{ eV}} 1240 \text{ nm} = 22.79 \text{ nm}$$

#### Penyelesaian latihan 5

$$E_2 = \frac{-54.4}{2^2} = -13.6 \text{ eV}$$

$$\lambda_{\infty 2} = \frac{1 \text{ eV}}{13.6 \text{ eV}} 1240 \text{ nm} = 91.18 \text{ nm}$$

## B. Kegiatan Pembelajaran 2: Atom Berelektron Banyak

#### Penyelesaian Latihan 1

Pada saat elektron dipercepat dan tiba di target, foton dipancarkan bersesuaian dengan batas-batas energinya, yaitu energi dari kejadian elektron. Pada kasus ini adalah energinya adalah sebesar 40 keV. Panjang gelombang yang dipancarkan untuk energi sebesar ini adalah

$$\lambda = \frac{1 \text{ eV}}{40000 \text{ eV}} 1240 \text{ nm} = 0.031 \text{ nm} = 3.1 \times 10^{-11} \text{ m}$$

#### Penyelesaian Latihan 2

Atom Helium He ( $Z=2$ )

Elektron 1,2:  $n=1, l=0, ml=0, ms=\pm 1/2$

Atom Neon ( $Z=10$ )

Elektron 1,2:  $n=1, l=0, ml=0, ms=\pm 1/2$

Elektron 3,4:  $n=2, l=0, ml=0, ms=\pm 1/2$

Elektron 5,6:  $n=2, l=1, ml=0, ms=\pm 1/2$

Elektron 7,8:  $n=2, l=1, ml=+1, ms=\pm 1/2$



Elektron 9,10:  $n=2$ ,  $l=1$ ,  $ml=-1$ ,  $ms=\pm 1/2$

He dan Ne elektronnya mengisi penuh kulit terluarnya, berada pada tingkat yang sama, dan spinnya saling berpasangan dalam keadaan stabil, sehingga sulit bereaksi dengan atom lain.

### Penyelesaian Latihan 3

$$E_1 = \frac{-13.6Z^2}{1^1} = -\frac{13.6(92)^2}{1} = -115110.4 \text{ eV} = 115.11 \text{ keV}$$

$$\lambda = \frac{1 \text{ eV}}{115110.4 \text{ eV}} \times 1240 \text{ eV} = 0.0108 \text{ nm} = 1.078 \times 10^{-11} \text{ m}$$

### Penyelesaian Latihan 4

Misal pada orbital untuk  $l=1$  jumlah elektron yang dapat mendudukinya adalah

$$l=1, \quad ml=0 \quad ms=\pm 1/2$$

$$l=1, \quad ml=1 \quad ms=\pm 1/2$$

$$l=1, \quad ml=-1 \quad ms=\pm 1/2$$

Jumlah elektron yang dapat menduduki 6.

Untuk  $l=1 \rightarrow 2(2*1+1)=6$ , cocok

Misal pada orbital untuk  $l=2$  jumlah elektron yang dapat mendudukinya adalah

$$l=2, \quad ml=0 \quad ms=\pm 1/2$$

$$l=2, \quad ml=1 \quad ms=\pm 1/2$$

$$l=2, \quad ml=1 \quad ms=\pm 1/2$$

$$l=2, \quad ml=2 \quad ms=\pm 1/2$$

$$l=2, \quad ml=2 \quad ms=\pm 1/2$$

Jumlah elektron yang dapat menduduki 10.

Untuk  $l=2 \rightarrow 2(2*2+1)=10$ , cocok

Jadi jumlah elektron yang dapat menduduki subkulit  $l$  adalah  $2(2l+1)$

### Penyelesaian latihan 5

Jawab : jumlah elektron =  $2(2*3+1)=14$  elektron.



### C. Kegiatan Pembelajaran 3: Inti Atom dan Radioaktif

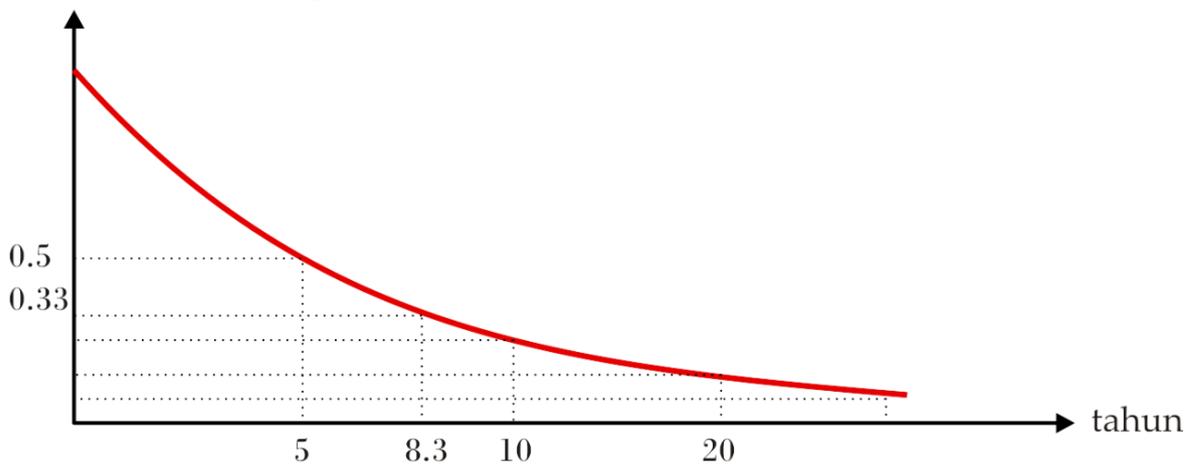
#### Penyelesaian no.1

Jumlah atom sesudah meluruh dalam waktu  $\Delta t$  adalah

$$\Delta N = \lambda N \Delta t$$

- $1/8$  artinya =  $1/2 \times 1/2 \times 1/2$ , berarti sudah tiga kali meluruh. Jadi umur kobal tersebut sudah =  $3 \times$  waktu paruh =  $3 \times 5.25 = 15.75 = 16$  tahun.
- Lihat grafik G1. Pada gambar, untuk  $1/3 = 0.333$  meluruh, waktu yang diperlukan adalah 8.3 tahun.

Fraksi sisa ( $N/N_0$ )



Gambar G1. Hubungan fraksi sisa atom radioaktif terhadap waktu

- $\lambda t_{1/2} = 0.693$
- $\lambda 5.25 = 0.693$
- $\lambda = \frac{0.693}{5.25} = 0.132$
- $\ln\left(\frac{1}{3}\right) = \ln e^{-0.132t} = -0.132t$
- $t = \frac{\ln 0.33}{0.132} = 8.39$  tahun
- $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ ,  $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-0.132 \times 20} = e^{-2.64} = 0.0726$  bagian dari awal

#### Penyelesaian no 2

Massa atom suatu zat yang ditemukan di alam ditentukan berdasarkan gabungan dari



massa-massa individu isotopnya.

Massa 93% nya adalah 38.975 sma dan massa 6.6% nya 40.974 sma

Jadi massa 100% nya adalah = 93% (38.975) + 6.6%(40.974)=38.95=39 sma

### Penyelesaian no 3

Waktu paruh radium adalah  $1.62 \times 10^3$  tahun. Berapa banyak atom radium perdetik meluruh dari sampel? Massa atom radium 226 kg/kmol.

Yang ditanyakan adalah jumlah atom perdetik atom meluruh atau  $\frac{\Delta N}{\Delta t}$ , persamaannya

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N$$

massa atom radium 226 kg/kmol= 226 g/mol

$$t_{1/2} = 1.62 \times 10^3 = 1620 \text{ tahun}$$

$$1 \text{ tahun} = 3.156 \times 10^7 \text{ det ik}$$

Dalam detik;

$$t_{1/2} (\text{det ik}) = (1620)(3.156 \times 10^7) \text{ det ik}$$

$$\lambda t_{1/2} = 0.693$$

Jadi

$$\lambda = \frac{0.693}{1620 \times 3.156 \times 10^7 \text{ det ik}} = 1.36 \times 10^{-11} / s$$

$$1 \text{ gram sampel} = 1/226 \text{ mol} = 1/226 \times 6.02 \times 10^{26} \text{ atom} = 2.66 \times 10^{21} \text{ atom}$$

Jadi

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N = (1.36 \times 10^{-11} / s)(2.66 \times 10^{21}) = 3.61 \times 10^{10} \text{ atom / s}$$



#### D. Kegiatan Pembelajaran 4: Aplikasi Fisika Inti

##### 1. Penyelesaian no.1

Satu kali tumbukan energi yang digunakan adalah  $(1-0.4) = 0.6 \times 800 \text{keV}$

Dua kali tumbukan energi yang digunakan adalah  $(0.6)(0.6) \times 800 \text{keV}$

Tiga kali tumbukan energi yang digunakan adalah  $(0.6)(0.6)(0.6) \times 800 \text{keV}$

Jadi untuk  $n$  kali tumbukan menjadi  $(0.6)^n 800 \text{keV}$ .

Agar sampai ke energi sebesar  $0.040 \text{ eV}$ ,  $n$  nya dapat dicari dari sebagai berikut :

$$(0.6)^n 800 \text{keV} = 0.040 \text{ eV}$$

$$(0.6)^n 800 \text{keV} = 0.040 \text{eV}$$

$$(0.6)^n 800 \times 10^3 \text{ eV} = 0.040 \text{eV}$$

$$\log (0.6)^n 800 \times 10^3 \text{ eV} = \log 0.040 \text{eV}$$

$$\log (0.6)^n 8 \times 10^5 = \log 0.040$$

$$\log (0.6)^n + \log(8 \times 10^5) = \log 0.040$$

$$n \log (0.6) + \log(8 \times 10^5) = \log 0.040$$

$$n \log (0.6) = \log 0.040 - \log(8 \times 10^5)$$

$$n \log (0.6) = \log 0.040 - \log(8) - 5 \log 10$$

$$n(-0.22) = -1.397 - 5.90$$

$$n = 33.182 \text{ dibulatkan} = 33 \text{ kali}$$

##### 2. Penyelesaian no.2

Persamaan KE dan momentum elektron adalah

$$Ke = \sqrt{p^2 m^2 + m^2 c^4} - mc^2$$

Ingat bahwa panjang gelombang menurut de Broglie adalah

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$Ke = \sqrt{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 m^2 + m^2 c^4} - mc^2$$

Untuk :

$$\lambda = 10^{-6} \text{ m}$$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$



$$K_e = \sqrt{\left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{10^{-6} \text{ m}}\right)^2 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}^2 + (9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})^2 (2.998 \times 10^8)^4} - 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} (2.998 \times 10^8)^2$$

$$KE = 1.99 \times 10^{-9} \text{ J} = \frac{1.99 \times 10^{-9} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 1.24 \times 10^{10} \text{ eV}$$

Beda potensialnya

$$V = \frac{1.24 \times 10^{10} \text{ eV}}{e} = 1.24 \times 10^{10} \text{ Volt} = \pm 10^{10} \text{ Volt}$$

### 3. Penyelesaian no.3

Massa sebelum reaksi = 4 buah massa proton ( $m_p$ ) – 4 buah massa elektron ( $m_e$ )

Massa sebelum reaksi =

$$= (4)(1.007825) - (4)(0.000549)$$

$$= 4.029104 \text{ sma}$$

Massa sesudah reaksi = (massa  ${}^4_2\text{H}_e - 2m_e$ ) + 2(massa  ${}^0_{+e}e$ )

$$= 4.002604 \text{ sma}$$

Kehilangan massa = energi yang diperlukan

$$\text{energi yang diperlukan} = 4.029104 \text{ sma} - 4.002604 \text{ sma} = 0.0265 \text{ sma}$$

energi yang diperlukan = 0.0265 sma

kita lihat lagi reaksinya  $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{H}_e + 2 {}^0_{+e}e + \text{energi}$

dari reaksi tersebut, bahwa kehilangan massa atau energi yang diperlukan untuk reaksi tersebut untuk pembentukan fusi 4 atom  ${}^1_1\text{H}$ .

Massa yang hilang untuk satu atom hidrogen  ${}^1_1\text{H}$  :

$$= \frac{0.0265 \text{ sma}}{4} = 0.006625 \text{ sma/atom}$$

$$1 \text{ kg } {}^1_1\text{H} = 6.02 \times 10^{26} \text{ atom}$$

Massa atom  ${}^1_1\text{H}$  yang hilang oleh reaksi fusi ( $\Delta m$ ).

$$= (0.006625 \text{ sma/atom})(6.02 \times 10^{26} \text{ atom})(1.66 \times 10^{-27} \text{ kg/sma}) = 0.00662 \text{ kg}$$

$$\text{Energi yang hilang} = \Delta E = \Delta mc^2 = 0.00662 \text{ kg} (2.998 \times 10^8)^2 = 5.95 \times 10^{14} \text{ J}$$

## EVALUASI

1. Atom hidrogen mempunyai partikel...
  - A. 1 proton, 1 netron, dan 1 elektron
  - B. 1 netron, dan 1 elektron
  - C. 1 netron, dan 1 proton
  - D. 1 proton, dan 1 elektron
2. Panjang gelombang yang dipancarkan atom hidrogen yang mengalami eksitasi elektron dari tingkat keadaan  $n=4$  ke tingkat keadaan  $n=2$  adalah...
  - A.  $\lambda = 485 \text{ nm}$
  - B.  $\lambda = 1550 \text{ nm}$
  - C.  $\lambda = 364 \text{ nm}$
  - D.  $\lambda = 550 \text{ nm}$
3. Suatu elektron yang tereksitasi dari tingkat energi tak berhingga dari suatu atom apapun ke tingkat energi yang paling dasar panjang gelombangnya akan.....
  - A. Pasti sangat besar
  - B. Kecil sekali
  - C. Bergantung pada tingkat loncatannya
  - D. Bergantung pada jenis atom
4. Untuk energi sebesar 1 eV setara dengan panjang gelombang sebesar...
  - A.  $\lambda = 1240 \text{ nm}$
  - B.  $\lambda = 2480 \text{ nm}$
  - C.  $\lambda = 1200 \text{ nm}$
  - D.  $\lambda = 1400 \text{ nm}$



5. Panjang gelombang garis kedua dari deret Balmer atom hidrogen terjadi loncatan dari ...
  - A. '  $n=4$  ke  $n=2$
  - B. '  $n=3$  ke  $n=2$
  - C. '  $n=1$  ke  $n=0$
  - D. '  $n=5$  ke  $n=2$
  
6. Agar elektron atom hidrogen terlepas hingga menjadi  $H^+$ , panjang gelombang yang dipancarkan dari energi yang mengeksitasi hidrogen tersebut haruslah...
  - A. 13.6 eV
  - B. 91.5 nm
  - C. 91.34 nm
  - D. 27.2 eV
  
7. Jarak antara elektron-elektron suatu atom terhadap inti atom akan semakin mengecil jika...
  - A. Jumlah elektron membesar
  - B. Jumlah elektron mengecil
  - C. Tidak bergantung pada jumlah elektron
  - D. Tergantung jenis atomnya
  
8. Gas hidrogen tersimpan dalam suatu tabung gelas yang terpasang elektroda pada ujung-ujungnya. Tegangan minimal elektroda agar tabung memancarkan gelombang adalah...
  - A. 10.2 Volt
  - B. 12 Volt
  - C. 120 volt
  - D. 600 volt
  
9. Energi ikat adalah selisih energi antara...
  - A. elektron dan proton
  - B. proton dan netron
  - C. jumlah energi partikel bebas dan energi atom
  - D. elektron, proton, dan netron



10. Satu atom  $^{12}\text{C}$  memuat; 6 proton, 6 neutron, dan 6 elektron. Diketahui massa partikel sesuai dalam tabel berikut.

partikel	simbol	Massa, sma	muatan
proton	${}^1_1\text{p}$ , ${}^1_1\text{H}$	1.0078	+e
netron	${}^1_0\text{n}$	1.0087	0
elektron	${}^0_{-1}\text{e}$ , $\beta^-$	0.0005486	-e
positron	${}^0_{+1}\text{e}$ , $\beta^+$	0.0005486	+e
deutron	${}^2_1\text{d}$ , ${}^2_1\text{H}$	2.01355	+e
Partikel alpha	${}^4_2\alpha$ , ${}^4_2\text{H}$	4.0015	+2e

Maka energi ikat atom karbon ( $^{12}\text{C}$ ) adalah

- A. 92.169Mev  
 B. 108.3 Mev  
 C. 93.5 Mev  
 D. 90.12 Mev
11. Diketahui waktu paruh radium  $p$  tahun, massa atom radium  $q$  g/mol. Banyak atom radium perdetik meluruh dari sampel adalah...
- A.  $\frac{\Delta N}{\Delta t} = pq(26.7 \times 10^{10}) \text{atom} / s$   
 B.  $\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{p}{q}(26.7 \times 10^{16}) \text{atom} / s$   
 C.  $\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{1}{pq}(26.7 \times 10^{16}) \text{atom} / s$   
 D.  $\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{1}{pq}(3.61 \times 10^{10}) \text{atom} / s$
12. Seorang pasien dengan berat badan 60kg tumornya diterapi radiasi dengan radio terapi. Tumor pasien tersebut massanya 200 g dan menerima energi radiasi sebesar 20 J. Berapa dosis yang diterima tumor?

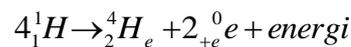


- A. 100 Gy
- B. 600 Gy
- C. 1.6 Gy
- D. 24000 Gy

13. Reaksi fisi atom  $^{238}\text{U}$  dalam reaktor membebaskan energi 200 MeV, jika 20% nya dari energi tersebut menghasilkan daya 700 MW, jumlah terjadinya reaksi fisi tiap detik adalah...

- A.  $1.09 \times 10^{20}$  1/s.
- B.  $4.45 \times 10^{20}$  1/s.
- C.  $2.18 \times 10^{20}$  1/s.
- D.  $7.63 \times 10^{20}$  1/s.

14. Suatu reaksi fusi terjadi di Matahari mengikuti reaksi pembentukan 4 atom hidrogen hingga menghasilkan energi sebagai berikut:



Dimana  $\text{}^0_{+e}e$  adalah positron (elektron bermuatan positif). Diketahui;

$\text{massa}^1\text{H} = 1.007825$  sma,  $\text{massa}^4_2\text{H}_e = 4.002604$  sma,  $\text{massa}^0_{+e}e = 0.000549$  sma,

dan elektron ikut bereaksi dalam reaksi ini. Massa yang hilang dikonsumsi untuk reaksi 10 kg atom hidrogen dari matahari itu sendiri untuk terjadinya reaksi tersebut adalah...

- A.  $\Delta E = \Delta mc^2 = 8.95 \times 10^{15} \text{ J} \cdot 0.09 \times 10^{20}$  1/s.
- B.  $\Delta E = \Delta mc^2 = 5.95 \times 10^{15} \text{ J} \cdot 0.09 \times 10^{20}$  1/s.
- C.  $\Delta E = \Delta mc^2 = 6.65 \times 10^{14} \text{ J} \cdot 0.09 \times 10^{20}$  1/s.
- D.  $\Delta E = \Delta mc^2 = 95.6 \times 10^{14} \text{ J} \cdot 0.09 \times 10^{19}$  1/s.

## PENUTUP

Dengan telah ditulisnya modul fisika inti ini, mudah-mudahan dapat membantu para pembaca, khususnya guru-guru fisika SMA dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep fisika inti dan mampu mengimplementasikannya dalam pembelajaran dengan siswa. Untuk tujuan pencapaian kompetensi dasar bagi siswa, rasanya materi ini sudah dapat terpenuhinya. Namun untuk kesempurnaanya, tentu Bapak dan Ibu guru lebih mengetahuinya dalam hal cara penyajiannya. Sebagai saran penulis, mohon dikembangkan lagi apa yang telah dipahami dari buku ini ke dalam bentuk media media lain yang mempermudah siswa dalam memahaminya. Media yang disarankan untuk dibuat antara; media interaktif melalui penayangan simulasi atau animasi, pembuatan model atom secara fisikal, melakukan percobaan efek foto listrik, dan mendemosntrasi pembangkitan sinar katode untuk menunjukkan tingkah laku elektron apabila diganggu dengan medan magnet, diganggu dengan perubahan nilai gaya gravitasi. Selain itu pula, untuk meyakinkan siswa adanya spektrum, alangkah baiknya pula didemonstrasi tabung spektrum sinar katode yang berisi gas hidrogen, helium, dan neon.

Terakhir, mudah-mudahan pula dengan adanya modul ini para pembaca merasa terbantu dalam upaya peningkatan pengembangan penguasaan materi fisika khususnya tentang fisika inti. Dan tentu, tak ada gading yang tak retak, saran-saran yang konstruktif membangun untuk perbaikan lebih lanjut, penulis mengharapkannya, sekian dan terima kasih, semoga sukses, dan mendapat ridhoNya.



## DAFTAR PUSTAKA

John E. Bett. 1987. *Physics for technology edisi 8*. australian text books

Frederick J.Bueche, Ph.D. 1997. “*Schaum’s Outline of theory and problem*”, *College Physics*, edisi 9. Universitas Dayton. Eugene Hech, Ph.D. univertas Adelphy

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/imgqua/vecz.gif>

<https://www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/the-chemical-foundation-of-life-2/atoms-isotopes-ions-and-molecules-50/electron-shells-and-the-bohr-model-276-11409/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Conversion\\_of\\_units](https://en.wikipedia.org/wiki/Conversion_of_units)

# GLOSARIUM

Deret Balmer	: Deret di sekitar panjang gelombang cahaya tampak
Deret Lyman	: Deret di sekitar panjang gelombang ultraviolet
Deret Paschen	: Deret di sekitar panjang gelombang infra merah
Eksitasi	: atom menerima energi hingga elektron pindah ke tingkat energi yang lebih tinggi
De-eksitasi	: atom memancarkan energi dan elektron pindah ke tingkat energi yang lebih rendah atau ke tingkat energi semula.
Bilangan kuantum utama	: bilangan yang berhubungan dengan jarak tingkat energi yang diduduki elektron ke inti atom
Bilangan kuantum orbital	: bilangan yang berhubungan dengan momentum sudut orbital elektron
Bilangan kuantum magnetik	: bilangan yang berhubungan dengan pengaruh medan magnet hingga menyebabkan orientasi elektron
Bilangan kuantum spin	: bilangan yang berhubungan dengan arah putaran spin elektron
Proton	: partikel inti yang bermuatan positif
Neutron	: partikel inti yang tidak bermuatan
Elektron	: partikel kulit atom yang bermuatan negatif
Deutron	: partikel inti yang bermuatan positif +e dengan 1 neutron
Positron	: partikel inti yang bermuatan positif +e dengan tanpa neutron

# LAMPIRAN

## Lampiran 1

### Konstanta-konstanta yang diperlukan dalam pemecahan masalah fisika inti

- Muatan elektron  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Massa elektron  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 511 \text{ keV}/c^2$
- Massa proton  $m_p = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 938.272 \text{ MeV}/c^2$
- Massa neutron  $m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 939.566 \text{ MeV}/c^2$
- Konstanta Planck  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} = 4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eV s}$
- Konstanta Boltzmann  $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1} = 8.617 \cdot 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$
- Kecepatan cahaya di Vakum  $c = 3.00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
- Permittivity of free space  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
- Permeability of free space  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$
- Avogadro constant  $N_A = 6.02 \cdot 10^{26} \text{ kg-mol}^{-1}$
- Rydberg constant  $R = 1.10 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
- Bohr magneton  $\mu_B = 9.27 \cdot 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$
- Nuclear magneton  $\mu_N = 5.0508 \cdot 10^{-27} \text{ J T}^{-1} = 3.1525 \cdot 10^{-14} \text{ MeV T}^{-1}$
- Fine structure constant  $\alpha = 1/137$

## Lampiran 2

### Parameter-parameter atom:

- Satuan massa atom  $1u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931.502 \text{ MeV}/c^2$
- Konversi energi  $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- Satu tahun  $1 \text{ tahun} = 3.16 \cdot 10^7 \text{ sekon}$



- Atmospheric pressure **1 atmosphere =  $1.01 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-2}$**
- Acceleration due to gravity on Earth's surface  **$g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$**
- **1 gram** molekul (pada STP) = **22.4 litres**

### Lampiran 3

#### Simbol satuan dan perkalian satuan utama meter (m) pada sistem metrik

simbol	mikro	angka eksponen
<i>mm</i>	(mili)	$10^{-3}$
$\mu$	(mikro)	$10^{-6}$
<i>n</i>	(nano)	$10^{-9}$
<i>p</i>	(piko)	$10^{-12}$
<i>f</i>	(femto)	$10^{-15}$
<i>a</i>	(atto)	$10^{-18}$
<i>z</i>	(zepto)	$10^{-21}$
<i>k</i>	(kilo)	$10^3$
<i>M</i>	(mega)	$10^6$
<i>G</i>	(giga)	$10^9$
<i>T</i>	(tera)	$10^{12}$
<i>P</i>	(peta)	$10^{15}$
<i>E</i>	(exa)	$10^{18}$
<i>Z</i>	(zeta)	$10^{21}$



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
TAHUN 2016



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
TAHUN 2016