

**PENGEMBANGAN BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK INTERAKTIF
BERBASIS LCDS PADA MATERI INTI ATOM SEBAGAI
BAHAN AJAR MANDIRI UNTUK MENUMBUHKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS
PADA SISWA**

(Skripsi)

**Oleh
NI WAYAN SANTI**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK INTERAKTIF BERBASIS LCDS PADA MATERI INTI ATOM SEBAGAI BAHAN AJAR MANDIRI UNTUK MENUMBUHKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA SISWA

**Oleh
NI WAYAN SANTI**

Penelitian ini bertujuan mengembangkan buku sekolah elektronik (BSE) interaktif berbasis *Learning Content Development System* (LCDS) yang valid serta mengetahui keterbacaan dan kemudahan dioperasikan buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa. Metode penelitian ini yaitu *research and development* atau penelitian pengembangan. Tahapan dalam penelitian ini meliputi potensi dan masalah, mengumpulkan informasi, desain produk, validasi desain (validasi desain dan materi), perbaikan desain, dan uji coba produk.

Buku sekolah elektronik Interaktif inti atom berbasis LCDS memiliki konten penunjang yaitu, petunjuk penggunaan, petunjuk belajar, video, animasi, simulasi, dan tes interaktif. Hasil uji ahli produk yang terdiri dari uji ahli desain dengan

Ni Wayan Santi

skor 3,55 (sangat layak) dan uji ahli materi dengan skor 3,50 (sangat layak). Keterbacaan dan kemudahan dioperasikan BSE interaktif Inti Atom berbasis LCDS yang dikembangkan berdasarkan uji satu lawan satu sangat baik dengan skor 3,62 dan 3,70. Hal tersebut berarti BSE interaktif inti atom dapat dioperasikan secara mandiri.

Kata kunci: Buku Sekolah Elektronik, LCDS, Interaktif, Bahan Ajar Mandiri,
Berpikir Kritis

**PENGEMBANGAN BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK INTERAKTIF
BERBASIS LCDS PADA MATERI INTI ATOM SEBAGAI
BAHAN AJAR MANDIRI UNTUK MENUMBUHKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS
PADA SISWA**

**Oleh
NI WAYAN SANTI**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

**Judul Skripsi : PENGEMBANGAN BUKU SEKOLAH
ELEKTRONIK INTERAKTIF BERBASIS
LCDS PADA MATERI INTI ATOM
SEBAGAI BAHAN AJAR MANDIRI
UNTUK MENUMBUHKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR KRITIS PADA SISWA**

Nama Mahasiswa : Ni Wayan Santi

Nomor Pokok Mahasiswa : 1413022051

Program Studi : Pendidikan Fisika

Jurusan : Pendidikan MIPA

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.
NIP 19600821 198503 1 004

Drs. Eko Suyanto, M.Pd.
NIP.19640310 199112 1 001

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

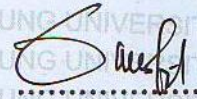
Dr. Caswita, M.Si.
NIP 19671004 199303 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.



Sekretaris

: Drs. Eko Suyanto, M.Pd.



Penguji

Bukan Pembimbing: Drs. I Dewa Putu Nyeneng, M.Sc.

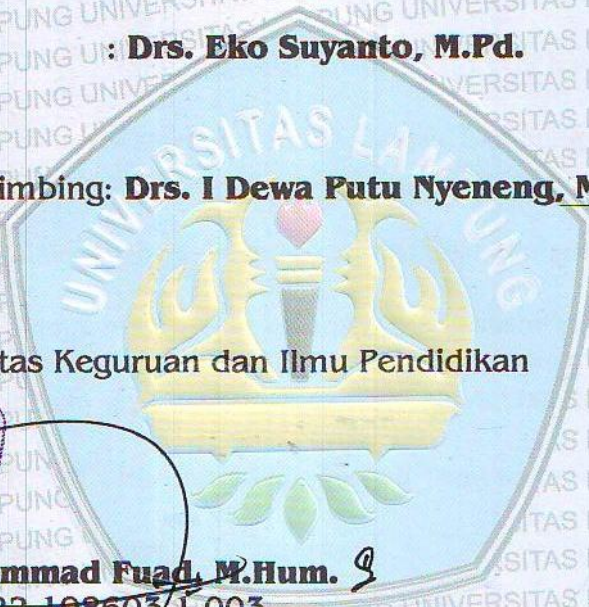


2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. H. Muhammad Fuad, M.Hum.

NIP. 19590722-1986031-003



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Juli 2018

SURAT PERNYATAAN

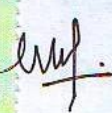
Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Ni Wayan Santi
NPM : 1413022051
Fakultas / Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Rama Nirwana Dusun III RT 009 RW 003, Seputih
Raman, Lampung Tengah, Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 30 Juli 2018
Menyatakan,




Ni Wayan Santi
NPM 1413022051

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Rama Nirwana, Seputih Raman, Kabupaten Lampung Tengah pada tanggal 01 Februari 1996, anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak I Nyoman Kandra dan Ibu Ni Nyoman Sumudri.

Penulis mengawali pendidikan pada tahun 2002 di SD Negeri 1 Rama Nirwana dan lulus pada tahun 2008. Kemudian pada tahun 2008 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Seputih Raman dan lulus tahun 2011. Selanjutnya pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Seputih Raman dan lulus tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa program studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dengan memperoleh beasiswa pendidikan S1 Bidikmisi.

Selama menempuh pendidikan di Pendidikan Fisika, penulis pernah menjadi eksakta muda dana dan usaha Himasakta tahun 2014, anggota divisi jaringan dan usaha Himasakta tahun 2015, anggota bidang kewirausahaan UKM Hindu Unila tahun 2015 dan 2016, dan sekretaris umum UKM Hindu Unila tahun 2017.

MOTTO

*“Yang bebas, terlepas dari ikatan pikiran, terpusat pada ilmu pengetahuan, melaksanakan kerja demi pengabdian, segala kerjanya akan luluhi dengan sendirinya”
(Bhadawad Gita IV-23)*

*“Mereka yang hanya memuja-Ku saja, tanpa memikirkan yang lainnya lagi, yang senantiasa penuh pengabdian, kepada mereka Ku-baratakan segala apa yang mereka tidak punya dan Ku-lindungi segala apa yang mereka miliki”
(Bhagawad Gita: IX-22)*

*“Hidup adalah proses untuk menjadi lebih baik.”
(Ni Wayan Santi)*

PERSEMBAHAN

Astungkare, syukur kehadiran Sang Hyang Widhi Wasa yang selalu memberikan Rahmat-NYA pada setiap makhluk, dengan kerendahan hati, kupersembahkan karya sederhanaku ini kepada:

1. Ibu Ni Nyoman Sumudri dan Ayah I Nyoman Kandra tercinta yang telah dengan sabar mendidikku, yang telah mendo' akan anak-anak mereka pada setiap doa mereka. Maafkan anakmu ini Pak, Bu belum bisa menjadi kebanggaan kalian. Terimakasih untuk setiap waktu, kerja keras dan kasih sayang kalian.
2. Adik-adikku terkasih Ni Made Santa Hoki dan I Nyoman Artawan. Terimakasih sudah menjadi pelengkap semangatku.
3. Neneku Me Sudarye dan Kakekku Pak Sudarye tercinta beserta seluruh keluarga besarku tersayang yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan motivasi terbaiknya.
4. Para pendidik yang senantiasa memberikan didikan dan bimbingan terbaik kepadaku dengan tulus dan ikhlas.
5. Semua sahabat-sahabatku yang begitu sabar menemani langkah juangku dan senantiasa saling mengingatkan dalam kebaikan dan kesabaran.
6. Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Astungkare, syukur penulis haturkan kehadiran Sang Hyang Widhi Wasa, karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Buku Sekolah Elektronik Interaktif Berbasis LCDS pada Materi Inti Atom Sebagai Bahan Ajar Mandiri untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Siswa”. Penulis menyadari bahwa terdapat banyak bantuan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. H. Muhammad Fuad, M.Hum., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Caswita, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA.
3. Bapak Drs. Eko Suyanto, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika dan Pembimbing II, yang banyak memberikan masukan dan kritik yang bersifat positif dan membangun, serta atas kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan skripsi, terimakasih Bapak, atas waktu yang telah diluangkan.
4. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembimbing Akademik dan Pembimbing I, atas kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan skripsi, terimakasih Bapak, atas waktu yang telah diluangkan.

5. Bapak Drs. I Dewa Putu Nyeneng, M.Sc., selaku Pembahas atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan bimbingan, saran dan kritik kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Fisika di Fakultas keguruan dan Ilmu Pendidikan yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan.
7. Bapak Drs. I Dewa Putu Nyeneng, M.Sc., Dr. Abdurahman, M.Si., I Made Sunarjaya, S.Pd., Levi Prihata, S.Pd., dan Ibu Emi Gustina, S.Pd., selaku evaluator uji ahli desain dan uji ahli materi untuk produk BSE, terima kasih atas waktu dan sarannya.
8. Ayah dan Ibu yang selalu menyayangi, mendoakan dan selalu menjadi penyemangat dalam hidupku.
9. Sahabat terbaikku sejak jaman dahulu, Ni Nyoman Cinta, Ni Kadek Ayu P.S dan Septi Permata Dewi,. Terima kasih senantiasa menyemangati, menguatkan dan mengingatkanku dalam kebaikan dan kesabaran.
10. Sahabat terbaikku I Gede Adi Nugraha, terimakasih karena selalu menemani dan memberikanku semangat saat mulai memasuki dunia perkuliahan.
11. Sahabat terbaikku di kampus, Made Selpiana dan Desak Nyoman Warsiki. Terimakasih atas apa yang telah kalian berikan selama ini.
12. Sahabat seperjuanganku di kampus, Karlina Maya M, Tiara Damai Yanti, Ayu Safitri, Siti Khoirurrohmah, Meta Dwi Ayuningtyas, Eka Setiani, Ummul Uslima, dan Haditya Aprita Lora. Terima kasih atas kesabaran bersamaku selama perjalanan kuliah ini.
13. Sahabat-sahabat pengurus inti UKM Hindu Universitas Lampung, Kadek Krisna (Ketua Umum), I Made Edi Yatmaja (Wakil Eksternal), A.A Nitya

Dewi (Wakil Internal), dan Komang Junaedi (Bendahara Umum) yang telah memberikan kebersamaannya dalam misi dharma agama.

14. Seluruh teman-teman seperjuangan Pendidikan Fisika 2014, tetap semangat untuk menjadi guru yang terbaik.
15. Kakak-kakakku angkatan 2011, 2012, 2013 serta adik-adikku angkatan 2015, 2016, 2017, terimakasih atas kebersamaannya selama ini.
16. Teman KKN sekaligus PPL ku di Ghiham Sukamaju, kecamatan Sekincau, Citra Nur Dewi, Werda Bariroh, M. Ihsan Al Anshori, Mentari Panca Rahayu, Apriliani Istikawati, Dina Ameilia, Annisaa Noerdin, Arif Sabarudin, dan Andestia Utami. Terima kasih untuk segenap cerita bersama.
17. Adik-adikku saat KKN di Ghiham Sukamaju, kecamatan Sekincau. Terima kasih telah membuat hari-hari selama di sana sangat menyenangkan.
18. Kepada semua pihak yang telah membantu perjuangan terselesaikannya skripsi ini.

Penulis berdoa semoga semua amal dan bantuan mendapat pahala serta balasan dari Sang Hyang Widhi Wasa dan semoga skripsi ini bermanfaat. *Svaha*.

Bandarlampung, Juli 2018

Penulis,

Ni Wayan Santi

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER LUAR	i
ABSTRAK	ii
COVER DALAM	iv
MENYETUJUI	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	6
E. Ruang Lingkup.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Media Pembelajaran.....	8
B. Buku Sekolah Elektronik	10
C. <i>Learning Content Development System (LCDS)</i>	14
D. Bahan Ajar Mandiri	16
E. Berpikir Kritis	19
F. Desain Produk Pengembangan	22
III. METODE PENELITIAN	
A. Metode Penelitian Pengembangan.....	58
B. Prosedur Pengembangan Produk	59
C. Data dan Teknik Pengumpulan Data	64
D. Teknik Analisis Data.....	66

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	70
B. Pembahasan.....	83
V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	94
B. Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penyusun Inti Atom	32
2. Lima Jenis Peluruhan Radioaktif	38
3. Transformasi dan Contoh Peluruhan Radioaktif.....	39
4. Desain Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis	54
5. Skor Penilaian uji ahli	67
6. Konversi Skor Penilaian Menjadi Pernyataan Kualitas	67
7. Skor Penilaian Uji Satu Lawan Satu	68
8. Konversi Skor Penilaian Menjadi Pernyataan Kualitas	69
9. Hasil Validasi Ahli Desain.....	75
10. Hasil Validasi Ahli Materi	77
11. Rekomendasi Perbaikan Hasil Uji Ahli	78
12. Hasil Uji Satu Lawan Satu	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Desain Buku Elektronik Interaktif Inti Atom	22
2. Model Atom Thomson	25
3. Eksperimen Hamburan Rutherford	26
4. Model Atom Rutherford.....	27
5. Deret Spektral Hidrogen	29
6. Pita Kestabilan Inti.....	34
7. Ilustrasi Daya Tembus Zarah Alfa, Beta dan Gamma	37
8. Lintasan Sinar Alfa, Beta dan Gamma dalam Medan Magnet B.....	37
9. Sumber Dosis Radiasi untuk Setiap Orang Rata-Rata di Amerika Serikat	46
10. Reaksi Fisi.....	48
11. Langkah-langkah Memproduksi Produk Pengembangan Mengacu pada Desain Penelitian Sugiyono.....	59
12. Desain BSE Interaktif menggunakan LCDS.....	74
13. Struktur BSE Interaktif Inti Atom Hasil Validasi.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1a. Kisi-Kisi Angket Analisis Kebutuhan.....	101
1b. Instrumen Angket Kebutuhan Guru	102
1c. Hasil Analisis Angket Kebutuhan Guru.....	110
2a. Kisi-Kisi Angket Kebutuhan Siswa	119
2b. Instrumen Angket Kebutuhan Siswa.....	120
2c. Hasil Analisis Angket Kebutuhan Siswa	129
3a. Instrumen Uji Ahli Komponen BSE Interaktif Fisika Materi Inti Atom	138
3b. Hasil Uji Ahli Komponen BSE Interaktif Fisika Materi Inti Atom	145
4. <i>Story Board</i> BSE Interaktif Materi Inti Atom.....	146
5a. Kisi-Kisi Instrumen Uji Ahli Desain	200
5b. Instrumen Uji Ahli Desain	204
5c. Hasil Uji Ahli Desain	215
6a. Kisi-Kisi Instrumen Uji Ahli Materi	216
6b. Instrumen Uji Ahli Materi.....	220
6c. Hasil Uji Ahli Materi	229
7a. Kisi-Kisi Instrumen Uji Satu Lawan Satu.....	230
7b. Instrumen Uji Satu Lawan Satu	232
7c. Hasil Uji Satu Lawan Satu	234

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumber belajar merupakan salah satu komponen penting dalam pembelajaran. Sumber belajar yang digunakan tidak hanya sebatas guru di ruang kelas dan perpustakaan sekolah. Namun, sumber belajar telah berkembang hingga ke dunia maya yang dapat diakses melalui jaringan internet. Sumber belajar yang digunakan harus disesuaikan dengan karakteristik siswa, tujuan pembelajaran, manfaat media, dan pengadaan media. Sumber belajar yang digunakan dalam pembelajaran dapat berupa cetak dan non cetak.

Buku pelajaran merupakan media instruksional yang dominan peranannya di kelas, tetapi harga buku semakin mahal, sehingga membuat siswa merasa semakin terbebani. Penggunaan buku sekolah elektronik ini dapat menjadi salah satu alternatif yang diberikan pemerintah melalui kementerian pendidikan dan kebudayaan nasional Republik Indonesia untuk menanggulangi semakin mahalnya harga buku sekolah. Akan tetapi, buku sekolah elektronik di sekolah-sekolah sekarang ini, masih memiliki kelemahan-kelemahan yang harus disempurnakan. Buku sekolah elektronik tersebut belum memiliki nilai lebih, masih seperti buku cetak lainnya yang banyak beredar (Hayati dkk., 2015). Semestinya, buku sekolah elektronik harus mampu menampilkan simulasi-

simulasi interaktif dengan memadukan teks, gambar, audio, video, animasi dan simulasi yang berbasis kontekstual dan konkret sesuai dengan lingkungan belajar siswa.

Keterampilan abad 21 menuntut siswa untuk memiliki kemampuan berpikir kritis. Dengan pembelajaran fisika yang cenderung monoton, sulit bagi siswa untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritisnya. Menurut Wiyanto dkk. (2007) pada umumnya pembelajaran fisika cenderung monoton dengan aktivitas sains yang rendah. Aktivitas yang paling dominan bagi guru adalah berceramah atau menjelaskan sedangkan bagi siswa adalah mendengarkan dan mencatat. Saat ini proses belajar yang dialami siswa baru sampai pada pemberian pengetahuan, belum sampai pada pengembangan kemampuan berpikir yang mengarah pada pembentukan siswa yang mandiri.

Orientasi utama pembelajaran tersebut diperkirakan hanya pada penyelesaian materi sesuai alokasi waktu yang ada dalam kurikulum. Menurut Setyowati dan Subali (2011) penggunaan sistem pembelajaran yang tradisional yaitu siswa hanya diberi pengetahuan secara lisan (ceramah) sehingga siswa menerima pengetahuan secara abstrak tanpa mengalami sendiri.

Mata pelajaran fisika erat kaitannya antara konsep dan lingkungan sekitar, sehingga siswa dapat mengaplikasikannya secara langsung. Pembelajaran fisika yang hanya menghafal persamaan saja tanpa memperhatikan konsepnya juga menyebabkan permasalahan kesulitan dalam pembelajaran. Dari penghafalan persamaan, siswa belum dapat memahami arti fisis dari persamaan

tersebut dengan benar, jadi pembelajaran yang bermakna belum mampu diperoleh (Setyowati dan Subali, 2011).

Menurut Hadi dan Dwijananti (2015) pokok bahasan fisika pada sekolah menengah atas seringkali mengandung konsep abstrak. Konsep abstrak menimbulkan kesulitan pemahaman pada siswa dan membutuhkan imajinasi tinggi. Menurut Husein dkk. (2015) karakteristik fisika yang abstrak diharapkan dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan keterampilan berpikir dasar siswa menuju pada keterampilan berpikir tingkat tinggi. Keterampilan berpikir tingkat tinggi merupakan suatu keterampilan berpikir yang tidak hanya membutuhkan keterampilan mengingat saja, tetapi membutuhkan keterampilan lain yang lebih tinggi, seperti keterampilan berpikir kritis. Keterampilan berpikir kritis secara esensial merupakan keterampilan menyelesaikan masalah (*problem solving*).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Husein dkk. (2015) menunjukkan bahwa penggunaan multimedia interaktif lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dari pada pembelajaran tanpa multimedia interaktif. Salah satu pokok bahasan fisika yang memiliki konsep abstrak yakni pokok bahasan inti atom. Mata pelajaran inti atom yang abstrak ini menimbulkan kesulitan pada siswa dalam memahami materi tersebut. Selain itu, pokok bahasan inti atom seringkali kurang dialami oleh siswa, karena pokok bahasan yang abstrak ini berada di akhir semester 2 kelas XII SMA yang akan menghadapi ujian nasional. Hal tersebut membuat guru hanya menjelaskan sebagian materi.

Berdasarkan hasil kuesioner 34% siswa SMA Negeri 1 Seputih Raman mengatakan proses pembelajaran fisika di sekolah ketika waktu yang tersedia pada kelas XII semester genap untuk belajar sangat terbatas maka guru hanya menerangkan sebagian materi. Hasil kuesioner guru mengatakan siswa hanya diberikan latihan soal untuk ujian dan tidak diberikan penjelasan secara mendalam. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan sebuah media pembelajaran interaktif yang dapat membantu siswa untuk belajar secara mandiri.

Berdasarkan hasil kuesioner siswa di SMA Negeri 1 Seputih Raman diperoleh beberapa konsep buku sekolah elektronik, seperti kriteria buku sekolah elektronik yang diharapkan dalam pembelajaran fisika kelas XII yaitu, 29% siswa menjawab berisi uraian materi fisika disertai video yang menunjukkan fenomena fisika, 14% siswa menjawab memuat simulasi praktikum yang dapat dilakukan sendiri/kelompok, 43% siswa menjawab memuat latihan soal interaktif yang dilengkapi *feedback* untuk latihan ujian maupun persiapan masuk ke perguruan tinggi dan 14% siswa menjawab dapat dioperasikan secara mandiri maupun kelompok.

Berdasarkan permasalahan yang dipaparkan di atas, untuk memfasilitasi pembelajaran secara mandiri dan untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa telah dilakukan penelitian pengembangan buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa. Produk yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu media

pembelajaran alternatif sebagai bahan ajar mandiri yang dapat membantu siswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika khususnya pada materi inti atom di sekolah

B. Rumusan masalah

Dibutuhkannya pengembangan buku sekolah elektronik interaktif pada materi inti atom untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis. Untuk mengarahkan pada pengembangan buku sekolah elektronik interaktif yang sesuai kebutuhan, diajukan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimanakah validitas buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa?
2. Bagaimanakah keterbacaan dan kemudahan dioperasikan buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa?

C. Tujuan

Adapun Tujuan dari penelitian pengembangan ini yaitu untuk

1. Membuat buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom yang valid sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.
2. Mengetahui keterbacaan dan kemudahan dioperasikan buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian pengembangan ini adalah:

1. Buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada inti atom dapat dijadikan bahan ajar mandiri siswa untuk mengatasi kurangnya waktu pembelajaran di sekolah.
2. Buku sekolah elektronik interaktif dapat menjadi sarana untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi inti atom.

E. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan yang dimaksud adalah pembuatan buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa sebagai salah satu media pembelajaran.
2. Materi yang disajikan dalam buku sekolah elektronik interaktif adalah materi fisika SMA/MA kelas XII semester genap yaitu pokok bahasan inti atom. Kompetensi dasar materi yang dikembangkan yaitu menganalisis karakteristik inti atom, radioaktivitas, pemanfaatan, dampak, dan proteksinya dalam kehidupan sehari-hari.
3. Jenis media yang dikembangkan adalah buku elektronik bersifat interaktif yang berisikan teks (materi), video, animasi, gambar, dan soal interaktif.
4. LCDS yang dimaksud adalah *software* aplikasi untuk membuat media pembelajaran.
5. Kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan berpikir yang logis untuk mengambil kesimpulan berdasarkan fakta untuk membuat keputusan. Ada

lima aspek kemampuan berpikir kritis yaitu memberikan penjesalan sederhana, membangun keterampilan dasar, membuat kesimpulan, memberikan penjelasan lebih lanjut dan menduga dan memadukan.

6. Uji validasi produk dilakukan oleh ahli desain dan ahli isi atau materi.
7. Uji keterbacaan dan kemudahan dioperasikan produk pengembangan dilakukan pada siswa dengan uji satu lawan satu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Media pembelajaran

Media berasal dari bahasa Latin yang merupakan bentuk jamak dari “medium” yang secara harafiah berarti perantara atau pengantar. Dengan demikian, media merupakan wahana penyalur informasi belajar atau penyalur pesan. Bila media adalah sumber belajar, maka secara luas media dapat diartikan dengan manusia, benda, ataupun peristiwa yang memungkinkan anak didik memperoleh pengetahuan dan keterampilan. Pada proses belajar mengajar media mempunyai arti cukup penting, karena dalam kegiatan tersebut ketidakjelasan bahan yang disampaikan dapat dibantu dengan menghadirkan media sebagai perantara. Kerumitan bahan yang akan disampaikan kepada anak didik dapat disederhanakan dengan bantuan media. Media dapat mewakili apa yang kurang mampu guru ucapkan melalui kata-kata atau kalimat tertentu. Bahkan keabstrakan bahan dapat dikonkretkan dengan kehadiran media. Dengan demikian, anak didik lebih mudah mencerna bahan daripada tanpa bantuan media (Djamarah dan Zain, 2002: 136-137).

Menurut Sukiman (2012: 29), media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima

sehingga merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan minat serta kemauan peserta didik sedemikian rupa sehingga proses belajar terjadi dalam rangka mencapai tujuan pembelajaran secara efektif.

Secara lebih khusus, pengertian media dalam proses belajar mengajar cenderung diartikan sebagai alat-alat grafis, fotografis, atau elektronis untuk menangkap, memproses, dan menyusun kembali informasi visual atau verbal. Media berfungsi untuk tujuan instruksi di mana informasi yang terdapat dalam media itu harus melibatkan siswa baik dalam benak atau mental maupun dalam bentuk aktivitas yang nyata sehingga pembelajaran dapat terjadi.

Materi harus dirancang secara lebih sistematis dan psikologis dilihat dari segi prinsip-prinsip belajar untuk menyiapkan instruksi yang efektif. Selain itu, media pembelajaran harus dapat memberikan pengalaman yang menyenangkan dan memenuhi kebutuhan perorangan siswa (Arsyad, 2014: 3-25)

Menurut Daryanto (2013: 5-7) media pembelajaran menempati posisi yang cukup penting sebagai salah satu komponen sistem pembelajaran. Tanpa media, komunikasi tidak akan terjadi dan proses pembelajaran sebagai proses komunikasi juga tidak akan berlangsung secara optimal. Media pembelajaran adalah komponen integral dari sistem pembelajaran. Media mempunyai kegunaan, antara lain:

1. Memperjelas pesan agar tidak terlalu verbalistis.
2. Mengatasi keterbatasan ruang, waktu tenaga, dan daya indra.
3. Menimbulkan gairah belajar, interaksi lebih langsung antara murid dengan sumber belajar.

4. Memungkinkan anak belajar mandiri sesuai dengan bakat dan kemampuan visual, auditori, dan kinestetiknya.
5. Memberi rangsangan yang sama, mempersamakan pengalaman, dan menimbulkan persepsi yang sama.
6. Proses pembelajaran mengandung lima komponen komunikasi, guru (komunikator), bahan pembelajaran, media pembelajaran, dan tujuan pembelajaran.

Susilana dan Riyana (2007: 179) mengklasifikasikan penggunaan media berdasarkan tempat penggunaannya, yaitu: penggunaan media di kelas untuk menunjang tercapainya tujuan tertentu dan penggunaannya dipadukan dengan proses belajar mengajar dalam situasi kelas dan penggunaan media di luar kelas yang tidak secara langsung dikendalikan oleh guru, namun digunakan oleh siswa sendiri tanpa instruksi guru atau melalui pengontrolan oleh orang tua siswa.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan (bahan pembelajaran), sehingga dapat merangsang perhatian, minat, pikiran, dan perasaan siswa dalam kegiatan belajar untuk mencapai tujuan belajar.

B. Buku Sekolah Elektronik

Menurut Eskawati dan Sanjaya (2012), *e-book* merupakan buku dalam bentuk elektronik berisikan informasi yang dapat berwujud teks dan gambar. *E-book* interaktif mampu mengintegrasikan tayangan suara, teks, gambar, grafik, animasi, hingga movie sehingga informasi yang disampaikan lebih kaya dibandingkan dengan buku konvensional. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Suryani dan Sukarmin (2012), hasil respon siswa terhadap *e-book*

interaktif pada aspek kriteria ketertarikan siswa terhadap *e-book* mendapatkan persentase rata-rata sebesar 94,28% yang diinterpretasikan dalam skala *Likert* yaitu sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan menggunakan *e-book* interaktif siswa lebih mudah termotivasi sehingga lebih memahami materi yang terdapat dalam *e-book*, karena *e-book* interaktif dilengkapi dengan gambar, animasi, dan video yang mendukung materi dan membuat siswa tertarik untuk mempelajari materi yang disajikan. Hal ini sesuai dengan teori kode ganda yaitu informasi tersimpan di dalam memori jangka panjang dalam dua bentuk yaitu visual dan verbal, informasi yang disajikan baik secara visual maupun verbal diingat lebih baik daripada informasi yang hanya disajikan dengan salah satu cara.

Menurut Sutrisno dkk (2013) tujuan dari diadakannya BSE adalah:

1. Menyediakan sumber belajar alternatif bagi siswa.
2. Merangsang siswa untuk berpikir kreatif dengan bantuan teknologi informasi dan komunikasi.
3. Memberi peluang kebebasan untuk menggandakan, mencetak, memfotocopy, mengalihmediakan, atau memperdagangkan BSE tanpa prosedur perijinan, dan bebas biaya royalti sesuai dengan ketentuan yang diberlakukan Menteri.
4. Memberi peluang bisnis bagi siapa saja untuk menggandakan dan memperdagangkan dengan proyeksi keuntungan 15% sesuai dengan ketentuan yang berlaku

Melalui *e-book* interaktif fisika siswa dapat berinteraksi langsung dengan buku berupa bentuk digital yang berisikan materi, gambar berwarna, animasi, simulasi, dan video. Objek yang semula ditampilkan dalam bentuk gambar diam dapat ditampilkan dalam bentuk animasi, simulasi, dan video. Sehingga siswa selain membaca buku juga dapat menyaksikan secara langsung objek-objek yang berkaitan dengan materi yang dipelajari seperti gaya, aplikasi tekanan, cahaya, resonansi, dan lain sebagainya. Animasi dan simulasi dapat juga digunakan dalam pembahasan contoh soal sehingga siswa dapat menyaksikan masalah yang ditampilkan. Tampilan objek melalui animasi dalam *e-book* interaktif secara tidak langsung sudah membantu untuk mengatasi keterbatasan waktu. Sehingga waktu yang diperlukan untuk menggambar objek di papan tulis sudah berkurang (Darlen dkk, 2015).

E-book interaktif juga menyediakan kuis interaktif bagi siswa yang dapat digunakan siswa untuk mengukur kemampuan kognitif siswa dari materi yang telah dipelajari. Kuis interaktif berupa kumpulan-kumpulan soal pilihan ganda dan esai yang dapat diakses secara langsung oleh siswa dan hasilnya dapat langsung diketahui. *E-book* interaktif dapat dikembangkan melalui program komputer antara lain *Microsoft Word*, *Adobe Acrobat*, *E-book Maker*, *3D PageFlipp for PowerPoint*, *Neobook 5*. *E-book* interaktif juga dapat digunakan dalam pembelajaran setelah dicetak dengan keterbatasan animasi dan simulasi tidak dapat ditampilkan (Darlen dkk, 2015).

Keuntungan BSE dapat menekan biaya, untuk menolong dan memajukan pendidikan agar dapat diakses seluruh warga negara Indonesia, tentu

dibutuhkan terobosan jitu. Bila mengandalkan model pendidikan yang konvensional saja, niscaya angka putus sekolah dan yang tidak mengikuti pendidikan dasar secara tuntas agar terus bertambah atau tidak berkurang. Ditambah lagi, biaya pendidikan sekarang ini sangat mahal dan sulit digapai sebagian masyarakat kecil. Oleh karena itu, konsep BSE ini bisa menjadi solusi alternatif terhadap kondisi pendidikan dan upaya memajukan serta mencerdaskan rakyat Indonesia. BSE bisa memaksimalkan kesempatan belajar melalui teknologi informasi dan internet, bisa menciptakan pentingnya masyarakat yang belajar seumur hidup, dan pengakuan atas berbagai keinginan dan kebutuhan generasi internet. BSE adalah jawaban terhadap kebutuhan dan realitas masyarakat abad ke-21 yang sangat membutuhkan dan bergaul erat dengan internet dan teknologi komunikasi (Ilham, 2009).

Menurut Rosida dkk (2017) penerapan bahan ajar *e-book* interaktif dalam pembelajaran, cukup efektif untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis siswa. Menurut Hidayat dkk (2017), kelebihan lainnya *e-book* yaitu memiliki konten yang interaktif, harganya murah, praktis dalam penyimpanan seperti pada laptop, PDA, ataupun *smartphone* yang mudah dibawa kemana-mana. Bahkan dengan perkembangan internet, *e-book* semakin mudah diakses dimanapun dan kapanpun.

BSNP menyebutkan bahwa buku teks memiliki kriteria dari beberapa segi seperti, kelayakan isi, bahasa, penyajian, dan kegrafikaan. Kelayakan isi merupakan kesesuaian isi buku dengan SKKD pada kurikulum yang dilaksanakan di sekolah. Tata bahasa sebuah buku juga diharapkan sesuai

dengan pembacanya, mudah dipahami, dan menggunakan istilah sederhana yang mudah dimengerti oleh siswa. Sedangkan kegrafikaan yaitu berupa desain tampilan buku seperti gambar sampul dan perpaduan warna buku. Tampilan buku akan menarik minat siswa untuk membaca buku tersebut pada jenjang sekolah tertentu (Irsyada, 2016).

Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa BSE interaktif mampu mengintegrasikan tayangan suara, teks, gambar, grafik dan animasi serta simulasi, sehingga informasi yang disampaikan lebih kaya dibandingkan dengan buku konvensional. Selain itu penerapan BSE interaktif dalam pembelajaran, cukup efektif untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis siswa.

C. *Learning Content Development System (LCDS)*

Menurut Taufani dan Iqbal (2011: 4) LCDS merupakan perangkat lunak untuk pembuatan konten pembelajaran yang berkualitas tinggi, interaktif, dan dapat diakses secara *online*. LCDS memungkinkan setiap orang dalam komunitas atau organisasi tertentu untuk menerbitkan *e-learning* dengan menggunakan LCDS secara mudah dengan konten yang dapat disesuaikan, interaktif *activity*, kuis, *games*, ujian, animasi, demo, dan multimedia lainnya. Menurut Aremu dan Efuwape (2013), *Learning Content Development System (LCDS)* adalah perangkat lunak gratis dari Microsoft dan merupakan alat gratis yang memungkinkan masyarakat untuk menciptakan modul berkualitas tinggi, interaktif, dan online. LCDS membantu untuk membuat konten

dengan teks dan gambar, kegiatan interaktif, kuis, *game*, penilaian, animasi, demo, dan multimedia lainnya.

LCDS adalah *software* yang digunakan untuk membuat modul interaktif yang berisi teks, video, animasi, gambar dan soal interaktif. Dengan menggunakan LCDS, akan lebih mudah dalam menyampaikan isi pesan pembelajaran.

Materi fisika disampaikan dalam bentuk modul interaktif yang menyajikan fenomena fisika secara visual. Penggunaan media interaktif yang berbasis fenomena dalam kehidupan sehari-hari, belajar fisika akan lebih menarik dan lebih efektif. Fisika merupakan salah satu mata pelajaran dalam rumpun sains yang sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Banyak peserta didik menganggap mata pelajaran fisika merupakan salah satu bidang IPA yang tergolong sulit dipahami. Pada pembelajaran fisika diperlukan suatu media yang dapat menunjang penguasaan konsep fisika khususnya pada materi listrik dinamis. Media yang akan dibuat adalah sebuah modul interaktif yang berisi simulasi, video, gambar, dan soal interaktif (Kurniawan dkk, 2015).

Keunggulan dari aplikasi LCDS menurut Taufani dan Iqbal (2011: 4) antara lain: 1) Mengembangkan dan mem-*publish* konten dengan cepat, tepat waktu dan relevan; 2) Memberikan konten *web* yang sesuai dengan SCORM 1.2 dan dapat di-*host* dalam sebuah *learning management system*; 3) *Upload* atau *publish* konten yang ada; 4) Dapat membuat *rich e-learning content* yang berbasis *Silverlight* secara mudah; 5) Mengembangkan struktur pelatihan dan dengan mudah mengatur ulang setiap saat; serta 6) Mengembangkan

modul pembelajaran yang dilengkapi dengan animasi, gambar, video, dan soal interaktif.

Aplikasi LCDS ini dapat dikembangkan menjadi BSE interaktif yang dapat digunakan mandiri oleh siswa. BSE interaktif dapat menjadi bahan ajar yang membantu proses pembelajaran siswa di kelas dikarenakan adanya konten-konten menarik seperti animasi, simulasi, dan permainan yang akan berdampak positif pada minat belajar siswa. Pembelajaran menggunakan BSE berbasis LCDS ini dapat digunakan dalam metode pembelajaran *blended learning*, di mana pembelajaran menggabungkan beberapa metode dengan memanfaatkan berbagai teknologi seperti LCDS ini.

Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa LCDS merupakan sarana media interaktif yang dapat digunakan oleh siswa untuk lebih mudah memahami suatu konsep pembelajaran. Penggunaan LCDS memiliki beberapa keuntungan yaitu bahan ajar dapat dikembangkan dengan cepat, tepat waktu, dan relevan; struktur pelatihan dapat dikembangkan dengan mudah dan dapat diatur ulang; serta bahan ajar yang dikembangkan dapat dilengkapi dengan animasi, gambar, video, simulasi dan soal interaktif.

D. Bahan Ajar Mandiri

Menurut Amri dan Ahmadi (2010: 159) bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru atau instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas. Bahan yang dimaksud bisa

berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis. Bahan ajar harus sesuai dengan kurikulum, karakteristik sasaran, dan tuntutan pemecahan masalah.

Menurut Sadiman dkk., (2010: 181) menyatakan bahwa bahan ajar interaktif biasanya disajikan dalam bentuk *compact disk* (CD). Salah satu bahan ajar interaktif yang dapat mendukung pembelajaran interaktif, yaitu multimedia interaktif yang merupakan kombinasi dari dua atau lebih media (audio, teks, grafik, gambar, animasi, dan video) yang oleh penggunanya dimanipulasi untuk mengendalikan perintah dan perilaku alami dari suatu presentasi.

Menurut Amri dan Ahmadi (2010: 159-160) tujuan dan manfaat penyusunan bahan ajar yaitu:

- 1) Menyediakan bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan kurikulum dengan mempertimbangkan kebutuhan peserta didik, yakni bahan ajar sesuai dengan karakteristik dan setting atau lingkungan sosial peserta didik
- 2) Membantu peserta didik memperoleh alternatif bahan ajar di samping buku-buku teks yang terkadang sulit diperoleh
- 3) Memudahkan guru dalam melaksanakan pembelajaran.

Manfaat bagi guru yaitu:

- 1) Diperoleh bahan ajar yang sesuai tuntutan kurikulum dan sesuai dengan kebutuhan belajar peserta didik
- 2) Tidak lagi tergantung kepada buku teks yang terkadang sulit diperoleh
- 3) Memperkaya karena dikembangkan dengan menggunakan berbagai referensi
- 4) Menambah khasanah pengetahuan dan pengalaman guru dalam menulis bahan ajar
- 5) Membangun komunikasi pembelajaran yang efektif antara guru dengan peserta didik karena peserta didik akan merasa percaya kepada gurunya
- 6) Menambah angka kredit jika dikumpulkan menjadi buku dan diterbitkan.

Belajar mandiri merupakan kemampuan yang tidak banyak berkaitan dengan pembelajaran apa, tetapi lebih berkaitan dengan bagaimana proses belajar tersebut dilaksanakan. Kegiatan belajar mandiri merupakan salah satu bentuk kegiatan belajar yang lebih menitikberatkan pada kesadaran belajar seseorang atau lebih banyak menyerahkan kendali pembelajaran kepada diri siswa sendiri. Kegiatan belajar mandiri merupakan suatu bentuk belajar yang memberikan keleluasaan pada siswa untuk dapat memilih atau menerapkan sendiri waktu dan cara belajarnya sesuai dengan ketentuan sistem kredit semester di sekolah. Oleh karena itu, kegiatan belajar mandiri ini berkaitan dengan perilaku siswa dalam melakukan kegiatan belajar (Rusman, 2012: 357-358).

Wafroturrohmah dan Suyatmini (2013) menyatakan belajar mandiri sebagai suatu bagian dari kepribadian individu yang mampu dan mau untuk belajar sendiri, dengan atau tanpa bantuan pihak lain, dalam hal penentuan tujuan belajar, menentukan metode belajar dan evaluasi hasil belajar.

Belajar mandiri seseorang membutuhkan kesempatan, dukungan dan dorongan dari keluarga serta guru. Pada saat ini peran orang tua dan respon dari guru sangat diperlukan bagi anak sebagai penguat untuk setiap perilaku yang telah dilakukannya. Karena inti dari makna kemandirian belajar anak merupakan suatu sikap di mana seseorang secara relatif bebas dari pengaruh penilaian, pendapat dan keyakinan orang lain.

Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan belajar mandiri suasana kelas menjadi lebih aktif dan kreatif, di mana siswa secara bertanggungjawab telah menyadari tugas utamanya adalah belajar dalam mencapai kompetensi tertentu agar mampu membangun sendiri pengetahuan dan perilaku belajarnya dengan meningkatkan sikap perilaku belajar mandiri, serta meningkatkan jalinan kerja kooperatif dengan siswa lain dan guru. Sehingga orientasi pembelajaran tidak lagi berpusat pada guru tetapi menjadi berpusat pada siswa. Mereka aktif mencari ilmu pengetahuan, dapat belajar secara terencana, memiliki kepercayaan diri, dan kritis dalam belajar.

E. Kemampuan Berpikir Kritis

Menurut Hamalik (1998: 149) berpendapat bahwa:

Berpikir kritis merupakan perpaduan dari kemampuan-kemampuan saintis ketika melakukan penelitian ilmiah. Kemampuan ini menjadi roda penggerak penemuan fakta dan konsep serta penumbuhan dan pengembangan sikap. Hal ini sesuai dengan pendapat Semiawan, bahwa seluruh irama gerak atau tindakan dalam proses belajar mengajar akan menciptakan kondisi cara belajar siswa aktif.

Menurut Hassoubah (2002: 85) berpendapat bahwa:

Berpikir kritis adalah berpikir secara beralasan dan reflektif dengan menekankan pembuatan keputusan tentang apa yang harus dipercayai dan dilakukan. Kemampuan berpikir kritis dan kreatif sangat penting untuk mengembangkan kemampuan berpikir lainnya, yaitu kemampuan untuk membuat keputusan dan penyelesaian masalah.

Orang yang berpikir kritis akan mengevaluasi dan kemudian menyimpulkan suatu hal berdasarkan fakta untuk membuat keputusan. Menurut Hassoubah (2002: 111) salah satu ciri orang yang berpikir kritis akan selalu mencari dan

memaparkan hubungan antara masalah yang didiskusikan dengan masalah atau pengalaman lain yang relevan.

Kategori berpikir kritis menurut Carin & Sund, yaitu : 1) mengklasifikasi; 2) mengasumsi; 3) memprediksi dan hipotesis; 4) menginterpretasi data, mengiferensi atau membuat kesimpulan; 5) mengukur; 6) merancang sebuah penyelidikan; 7) mengamati; 8) membuat grafik; 9) meminimalkan kesalahan percobaan; 10) mengevaluasi; dan 11) menganalisis (Dwijananti dan Yulianti, 2010).

Santrock (2007: 349) mengemukakan cara-cara guru mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran adalah:

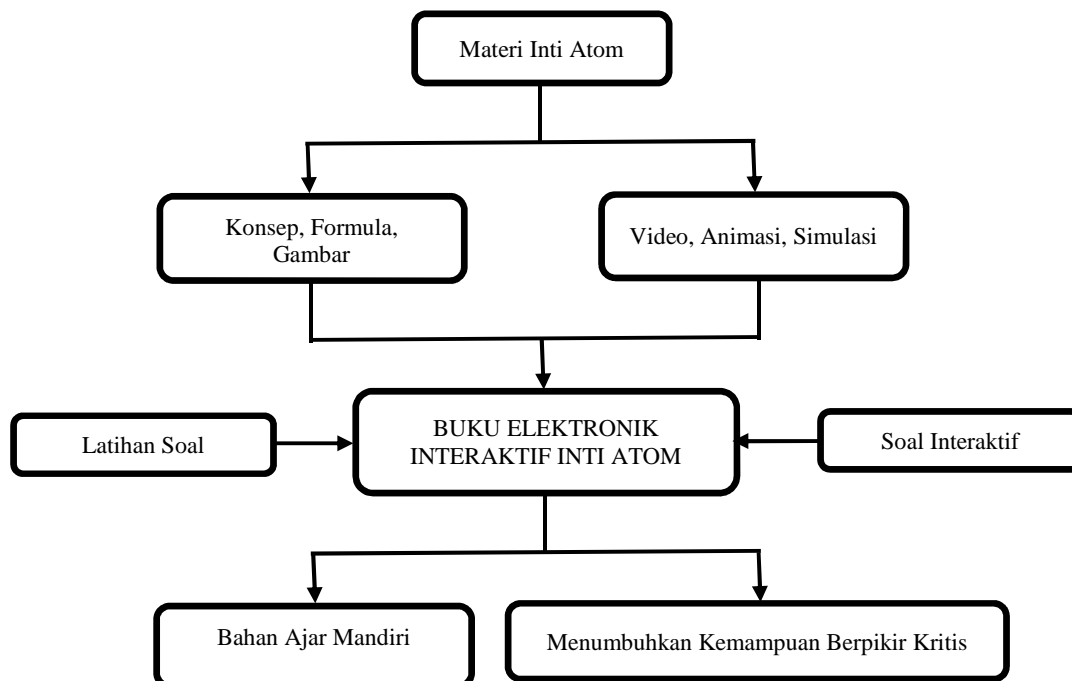
1. Seorang guru tidak hanya menanyakan apa yang terjadi tetapi juga menanyakan bagaimana dan mengapa suatu peristiwa bisa terjadi sehingga siswa belajar menganalisis permasalahan dan mengasah ketajaman berpikirnya. Siswa belajar bertanya dan mengemukakan gagasannya.
2. Siswa dilatih mengkaji dugaan fakta untuk mengetahui apakah ada bukti yang mendukungnya sehingga siswa dapat belajar berargumentasi berdasarkan bukti-bukti yang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya. Siswa dilatih dalam mengidentifikasi setiap informasi yang diterimanya, membedakan fakta yang relevan dan yang tidak relevan dan menganalisis hubungan sebab akibat dari informasi yang diterimanya.
3. Melatih keberanian mengemukakan gagasan dalam berdebat secara rasional dan mengutamakan etika.
4. Siswa belajar mengemukakan jawaban dari berbagai sudut pandang hingga menyadari alternatif jawaban dan penjelasan yang lebih baik.
5. Membandingkan berbagai jawaban untuk suatu pertanyaan dan menilai mana yang benar-benar jawaban terbaik.
6. Mengevaluasi berbagai pendapat yang dikemukakan siswa dan menyimpulkan pertanyaan-pertanyaan yang dianggap benar.
7. Melatih kemampuan siswa dalam bertanya di luar yang sudah diketahui untuk menciptakan ide baru atau informasi baru.

Adapun kemampuan berpikir kritis yang meningkat yaitu kemampuan menggambar, mengklasifikasi, mengasumsi, memprediksi, menghipotesis, menganalisis, menyimpulkan, dan mengevaluasi (Dwijananti dan Yulianti, 2010). Adanya permasalahan yang terkait dengan kehidupan sehari-hari (kontekstual), membuat siswa termotivasi dan senang untuk memecahkannya melalui proses berpikir sesuai dengan kemampuan yang dimiliki. Seorang anak akan cenderung memberi arti pada hal, masalah, dan fenomena yang ada disekitarnya untuk menjawab suatu permasalahan yang dihadapi. Berpikir kritis timbul ketika siswa menganalisis permasalahan dengan mencari bukti untuk mendukung gagasan dan pendapatnya. Siswa dapat membuat memperkiraan bahwa sesuatu itu benar untuk mendukung penyelidikannya. Sebagai contoh siswa mengasumsi bahwa penyebab pemanasan global salah satunya adalah naiknya suhu bumi. Hasil prediksi sangat berkaitan dengan kemampuan observasi, inferensi, dan klasifikasi (Mundilarto, 2002).

Berdasarkan pemaparan di atas maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan berikir kritis adalah kemampuan berpikir yang logis untuk mengambil kesimpulan berdasarkan fakta untuk membuat keputusan serta kemampuan untuk menggambar, mengklasifikasi, mengasumsi, memprediksi, menghipotesis, menganalisis, menyimpulkan, dan mengevaluasi.

F. Desain Produk Pengembangan

Rancangan buku sekolah elektronik interaktif inti atom sebagai berikut:



Gambar 1. Desain Buku Elektronik Interaktif Inti Atom

Desain buku elektronik interaktif ini pengembangannya berupa buku sekolah elektronik interaktif menggunakan media *Learning Content Development System* (LCDS). Buku sekolah elektronik interaktif inti atom ini tidak hanya memuat konsep, formula, dan soal evaluasi, tetapi juga terdapat uraian materi yang berisi simulasi, soal interaktif, gambar, animasi, video, dan multimedia lainnya. Buku elektronik interaktif inti atom ini dibuat sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan berpikir kritis pada siswa.

Buku sekolah elektronik intreraktif yang dikembangkan merupakan salah satu media pembelajaran yang dibuat menggunakan program LCDS v 2.8 yang

memuat materi pembelajaran inti atom untuk siswa SMA/MA kelas XII IPA semester genap.

Konten yang akan dibuat pada modul pembelajaran menggunakan LCDS, yaitu:

1. Cover

Pada cover ini berisi gambaran pembukaan buku sekolah elektronik interaktif yang memuat ilustrasi mengenai materi seperti adanya judul materi, gambar ilustrasi inti atom, nama pengembang, nama pembimbing, dan jenjang serta tingkatan sekolah. Pembuatan *cover* didesain dengan memanfaatkan program *microsoft power point 2013* agar dapat menghasilkan tampilan yang lebih menarik dengan menggunakan variasi warna dan jenis huruf serta ukuran huruf yang lebih besar, hal ini dilakukan untuk mengatasi kekurangan tampilan dalam LCDS yang kurang berwarna dan hanya dapat menggunakan satu jenis huruf.

2. Petunjuk

Petunjuk penggunaan buku sekolah elektronik interaktif memuat penjelasan mengenai tata cara mengoperasikan buku sekolah elektronik interaktif. Petunjuk yang akan ada dalam buku sekolah elektronik interaktif ini adalah petunjuk penggunaan tombol dan petunjuk dalam mengoperasikan buku ini. Pembuatan petunjuk terlebih dahulu teks petunjuk diubah dengan memanfaatkan program *microsoft power point 2013*, lalu file tersebut di *save as* dengan format *.jpg*.

3. Kompetensi Dasar (KD), Indikator dan Tujuan Pembelajaran

Kompetensi Dasar (KD), Indikator, dan Tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Adapun KD yang digunakan yaitu 3.10 : Menganalisis karakteristik inti atom, radioaktivitas, pemanfaatan, dampak, dan proteksinya dalam kehidupan sehari-hari. Pembuatan konten ini, terlebih dahulu teks KD, indikator, dan tujuan pembelajaran dibuat dengan memanfaatkan program *microsoft power points 2013*, lalu file tersebut di *save as* dengan format .jpg.

4. Materi

Konten ini memuat materi pembelajaran yang akan dipelajari yaitu

a. Teori Atom

1) Model Atom Dalton

Setiap materi terdiri dari atas partikel-partikel yang sangat kecil dan tak dapat dibagi-bagi, Demokritus menamakan bagian tersebut atom (yang berasal dari bahasa Yunani “*atomos*” yang berarti tidak dapat dibagi). Pada tahun 1803, Dalton menyatakan dua hal penting tentang atom, yaitu

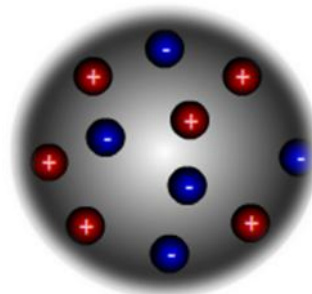
- a) Atom-atom suatu unsur semuanya serupa dan tidak dapat berubah menjadi unsur lain. Misalnya atom perak tidak dapat berubah menjadi atom besi.
- b) Dua atom atau lebih dari unsur-unsur berlainan dapat membentuk suatu molekul. Misalnya, atom hidrogen dan atom oksigen bersenyawa membentuk molekul air (H_2O).

Kelemahan atom Dalton

Dari teori atom yang dikemukakan oleh Thomson, dapat diketahui kelemahan dari teori Dalton yang menyatakan bahwa atom tidak dapat dibagi lagi. Faktanya atom memiliki komponen penyusun yaitu muatan positif dan muatan negatif.

2) Model Atom Thomson

J.J. Thomson tahun 1898 mengusulkan bahwa atom merupakan bola padat dengan muatan-muatan listrik positif tersebar merata di seluruh bagian bola, muatan-muatan positif ini dinetralkan oleh elektron-elektron bermuatan negatif yang melekat pada bola seragam bermuatan positif tersebut, seperti kismis yang melekat pada sebuah kue. Gambar model atom Thomson dapat dilihat pada gambar 2.



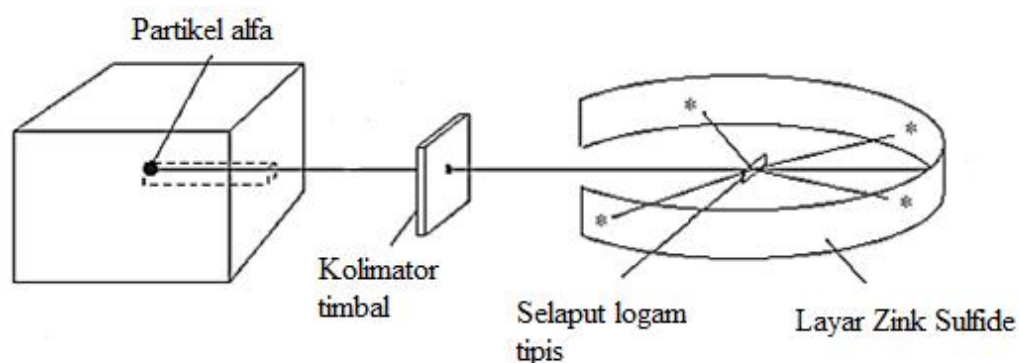
Gambar 2. Model Atom Thomson

Kelemahan atom Thomson

Bertentangan dengan eksperimen Rutherford, yaitu tentang hamburan sinar alfa di mana muatan positif tidak menyebar merata, namun terkumpul menjadi satu di tengah atom yang disebut inti atom.

3) Model Atom Eksperimen Rutherford

Pada tahun 1911, Geiger dan Marsden melakukan eksperimen klasik, atas usulan Ernest Rutherford, mereka memakai partikel alfa cepat sebagai bahan penyelidikan. Gambar eksperimen hamburan Rutherford dapat dilihat pada gambar 3.

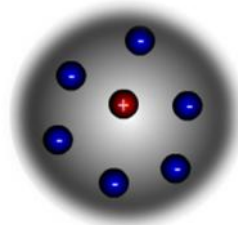


Gambar 3. Eksperimen Hamburan Rutherford

Pada eksperimen tersebut Geiger dan Marsden mendapatkan bahwa banyak partikel yang muncul dari selaput logam dengan deviasi (penyimpangan) kurang dari 1° , tetapi beberapa terhambur dengan sudut yang sangat besar. Bahkan sebagian kecil terhambur dengan arah yang berlawanan dengan arah semula. Seperti yang dinyatakan oleh Rutherford “sangat mengejutkan seperti kita menembakkan peluru 15 inci pada kertas tipis dan peluru itu terpental balik mengenai kita”.

Karena partikel alfa relatif berat (sekitar 7000 kali lebih massif dari elektron) dan partikel yang dipakai dalam eksperimen ini memiliki kecepatan tinggi (biasanya sekitar 2×10^7 m/s), jelaslah bahwa terdapat gaya yang kuat beraksi pada partikel itu supaya terjadi

defleksi sebesar itu. Satu-satunya model yang didapatkan Rutherford yang bisa menerangkan hasil itu ialah model yang terdiri inti kecil yang bermuatan positif yang merupakan tempat terkonsentrasinya hampir seluruh massa atom dengan elektron-elektronnya terdapat pada jarak yang agak jauh seperti dalam Gambar 4. Dengan memandang sebuah atom sebagai sesuatu yang terdiri dari bagian besar ruang hampa, dengan mudah mengapa sebagian partikel alfa menembus selaput logam itu. Namun bila partikel alfa mendekati inti partikel itu akan mengalami medan listrik yang kuat dan mempunyai peluang besar untuk dihambur dengan sudut yang besar. Elektron atom tersebut yang sangat ringan hampir tidak mempengaruhi gerak partikel alfa yang datang.



Gambar 4. Model Atom Rutherford

Kelemahan dari teori atom Rutherford

ketidakmampuannya menjelaskan terjadinya spektrum garis atom hidrogen dan tidak dapat menjelaskan mengapa elektron tidak jatuh ke dalam inti atom. Pada postulat Bohr mampu menjelaskan mengapa elektron tidak jatuh ke inti yaitu karena Elektron atomik dapat melompat dari suatu orbit ke orbit lainnya jika elektron itu memancarkan atau menyerap foton.

4) Spektrum Atom Hidrogen

Pada tahun 1885, J.J. Balmer mendapatkan deret spektral pertama ketika mempelajari bagian tampak dari spektrum hidrogen.

Rumus Balmer untuk panjang gelombang yaitu:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \text{ dengan } n = 3, 4, 5, 6, \dots$$

Deret balmer hanya berisi panjang gelombang pada bagian tampak dari spektrum hidrogen. Garis spektral hidrogen dalam daerah ultra ungu (*Ultraviolet*) dari inframerah jatuh pada deret lain. Dalam daerah ultra ungu terdapat deret Lyman yang mengandung panjang gelombang yang ditentukan oleh rumus

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

Dalam daerah inframerah, didapatkan tiga deret spektral yang garis komponennya memiliki panjang gelombang yang ditentukan oleh rumus

Paschen

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right), \text{ dengan } n = 4, 5, 6 \dots$$

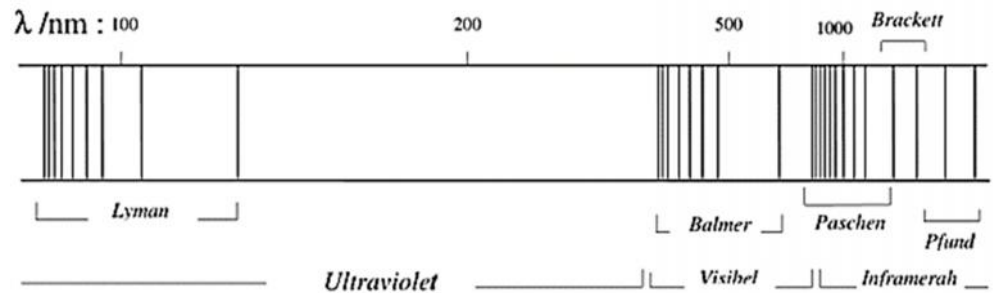
Brackett

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right), \text{ dengan } n = 5, 6, 7 \dots$$

Pfund

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right), \text{ dengan } n = 6, 7, 8 \dots$$

Gambar deret spektral hidrogen dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 5. Deret Spektral Hidrogen

5) Model Atom Bohr

Berdasarkan model atom Rutherford, Bohr mengambil anggapan revolusioner yang mencampurkan konsep klasik dengan konsep kuantum.

- a) Elektron atomik dapat mengelilingi inti tanpa memancarkan gelombang elektromagnetik hanya jika berada pada orbit yang momentum sudutnya merupakan kelipatan dari $\frac{h}{2\pi}$. (Sewindu kemudian de Broglie mengemukakan penjelasan mengenai anggapan kuantisasi momentum sudut ini dengan memakai bilangan gelombang elektron yang bergerak).
- b) Elektron atomik melompat dari suatu orbit ke orbit lainnya jika elektron itu memancarkan atau menyerap foton.

Panjang gelombang elektron dalam atom yaitu

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

Dengan v menyatakan kecepatan elektron

$$v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 mr}}$$

Jadi panjang gelombang elektron orbital

$$\lambda = \frac{h}{e} \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 r}{m}}$$

Dengan mensubstitusikan $5,3 \times 10^{-11} \text{ m}$ untuk jari-jari r dari orbit elektron, kita dapatkan panjang gelombang elektron adalah

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ C}} \sqrt{\frac{4\pi(8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m})(5,3 \times 10^{-11} \text{ m})}{9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$\lambda = 33 \times 10^{-11} \text{ m}$$

Panjang gelombang ini tepat sama dengan keliling orbit elektron

$$2\pi r = 33 \times 10^{-11} \text{ m}$$

Orbit elektron dalam atom hidrogen sesuai dengan satu gelombang elektron yang titik ujung pangkalnya dihubungkan. Dengan menganggap perilaku gelombang elektron dalam atom hidrogen serupa dengan vibrasi sosok kawat, dapat diambil **postulat bahwa sebuah elektron dapat mengelilingi inti hanya dalam orbit yang mengandung bilangan bulat kali panjang gelombang de Broglie.** Syarat bahwa orbit elektron mengandung kelipatan bilangan bulat panjang gelombang de Broglie. Keliling orbit lingkaran berjari-jari r ialah $2\pi r$, jadi dapat kita tuliskan syarat kemandapan orbit sebagai berikut: $n\lambda = 2\pi r_n \quad n = 1, 2, 3, \dots$

Dengan r_n menyatakan jari-jari orbit yang mengandung n panjang gelombang. Bilangan bulat n disebut bilangan kuantum dari orbit.

Substitusikan λ , panjang gelombang elektron yang menghasilkan

$$\frac{nh}{e} \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 r_n}{m}} = 2\pi r_n$$

Sehingga jari-jari orbit dalam atom Bohr diberikan dalam rumus:

$$r_n = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2} n = 1, 2, 3, \dots$$

Jari-jari orbit terdalam biasa disebut jari-jari Bohr dari atom hidrogen dan dinyatakan dengan lambang a_0 :

$$a_0 = r_1 = 5,292 \times 10^{-11} \text{ m}$$

Jari-jari lain dapat dinyatakan dengan

$$r_n = n^2 a_0$$

Sehingga jarak orbit yang berdekatan bertambah besar.

Tingkat Energi

Energi elektron E_n dinyatakan dalam jari-jari orbit r_n diberikan dalam persamaan sebagai berikut:

$$E_n = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n}$$

Substitusikan r_n kepersamaan (4.3), maka tingkatan energi:

$$E_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n^2}\right)$$

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Tingkat energi ini semuanya negatif, hal ini menyatakan bahwa elektron tidak memiliki energi yang cukup untuk melarikan diri dari inti. Tingkat energi terendah adalah E_1 disebut keadaan dasar.

Energi ionisasi adalah kerja yang dibutuhkan untuk membebaskan elektron dari atom dalam keadaan dasarnya. Energi ionisasi biasanya sama dengan $-E_1$, tetapi $E = 0$, ketika elektron bebas. Dalam kasus hidrogen, energi ionisasi adalah $13,6 \text{ eV}$ karena energi status dasar atom hidrogen adalah $-13,6 \text{ eV}$, maka

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}$$

Dengan $E_n =$ energi elektron pada kulit ke-n

Perpindahan elektron dari kulit dalam ke kulit luar disertai dengan penyerapan energi disebut eksitasi, sedangkan perpindahan elektron dari kulit luar ke kulit dalam disertai dengan pelepasan energi disebut transisi. Besarnya energi tersebut ditentukan sebagai berikut:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = E_{akhir} - E_{awal}$$

b. Inti Atom

1) Penyusun atom

Atom tersusun atas inti atom dan dikelilingi elektron-elektron yang tersebar dalam kulit-kulitnya.

Tabel 1. Penyusun Inti Atom

Partikel	Penemu	Massa (kg)	Muatan (C)	Lambang
Elektron	J.J. Thomson	$9,1 \times 10^{-31}$	$-1,6 \times 10^{-19}$	e
Proton	Goldstein	$1,67 \times 10^{-27}$	$1,6 \times 10^{-19}$	p
Neutron	J. Chadwick	$1,67 \times 10^{-27}$	0	n

Sebagian besar atom terdiri dari ruang hampa yang di dalamnya terdapat inti yang sangat kecil di mana massa dan muatan positifnya

dipusatkan dan dikelilingi oleh elektron-elektron yang bermuatan negatif. Inti atom tersusun atas sejumlah proton dan neutron.

Jumlah proton dalam inti atom menentukan muatan inti atom, sedangkan massa inti ditentukan oleh banyaknya proton dan neutron. Selanjutnya ketiga partikel subatom (proton, neutron, dan elektron) dengan kombinasi tertentu membentuk atom suatu unsur yang lambangnya dapat dituliskan:



X : lambang suatu unsur (unsur, partikel)

Z : nomor atom (jumlah proton dan elektron)

A : nomor massa (jumlah proton+neutron)

Jumlah neutron dalam suatu atom sama dengan selisih antara nomor massa dan nomor atom, atau dapat ditulis

$$N = A - Z$$

Isotop didefinisikan sebagai nuklida-nuklida dengan jumlah proton sama tetapi jumlah neutron berbeda. Contoh : ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ dan ${}^{22}_{10}\text{Ne}$.

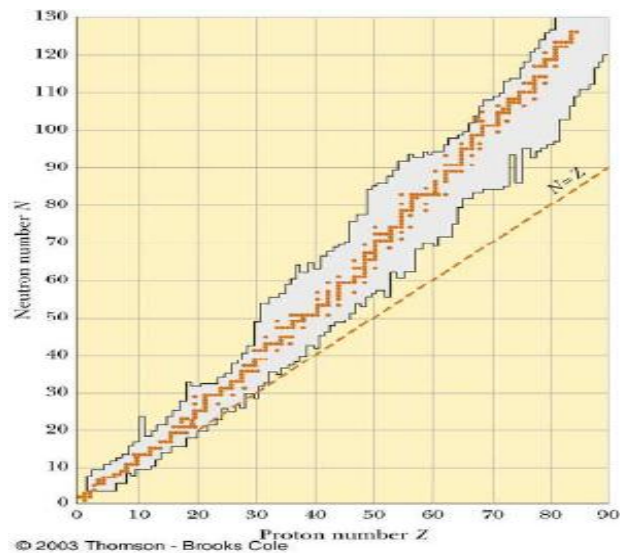
Isobar didefinisikan sebagai nuklida-nuklida dengan jumlah nukleon sama tetapi jumlah proton berbeda. Contoh : ${}^3_1\text{H}$ dan ${}^3_2\text{H}$.

Isoton didefinisikan sebagai nuklida-nuklida dengan jumlah neutron sama. Contoh : ${}^4_2\text{He}$ dan ${}^3_1\text{H}$.

2) Kestabilan Inti

Inti ringan stabil jika $N = Z$, Inti berat sangat stabil ketika $N > Z$.

Semakin besar jumlah proton, gaya tolak Coulomb semakin besar akibatnya diperlukan lebih banyak nukleon agar inti tetap stabil. Tidak ada inti stabil ketika $Z > 83$. Gambar grafik kestabilan inti dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Kestabilan Inti

3) Defek Massa

Defek massa menunjukkan selisih antara massa diam sebuah inti atom dan jumlah seluruh massa diam masing-masing nukleonnya dalam keadaan tak terikat. Jadi, defek massa adalah kesetaraan massa energi ikat berdasarkan persamaan massa-energi. Isotop dengan jumlah proton Z dan jumlah neutron $(A - Z)$ memiliki massa inti sebesar:

$$m_i = Zm_p + (A - Z)m_n$$

Dengan m_p adalah massa proton dan m_n adalah massa neutron.

Berdasarkan pengukuran diperoleh hasil bahwa massa inti atom lebih kecil daripada massa nukleon. Menurut hukum kesetaraan massa dan energi, besarnya defek massa dinyatakan:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z) m_n - m_i$$

Keterangan:

Δm = defek massa

Z = jumlah proton

A = jumlah proton dan neutron

m_p = massa proton

m_n = massa neutron

m_i = massa inti

4) Energi Ikat inti

Energi ikat inti merupakan:

- Energi yang diperlukan untuk memecahnya inti menjadi neutron dan proton
- Kesetaraan energi massa yang hilang dari suatu inti

Persamaan energi ikat inti yaitu:

$$E_{ikat} = (\Delta m)c^2$$

$$E_{ikat} = (Zm_p + (A - Z) m_n - m_i)c^2$$

dengan c adalah kecepatan cahaya.

Energi ikat per nukleon yang besarnya dapat dihitung melalui persamaan:

$$E_n = \frac{E}{A}$$

dengan:

E_n = energi ikat per nukleon (MeV)

E = energi ikat inti (MeV)

A = jumlah nukleon

c. Radioaktivitas

1) Jenis-Jenis Sinar Radioaktif

Ada tiga jenis sinar radioaktif yaitu

a) **Sinar alfa** adalah sinar yang dipancarkan oleh unsur radioaktif.

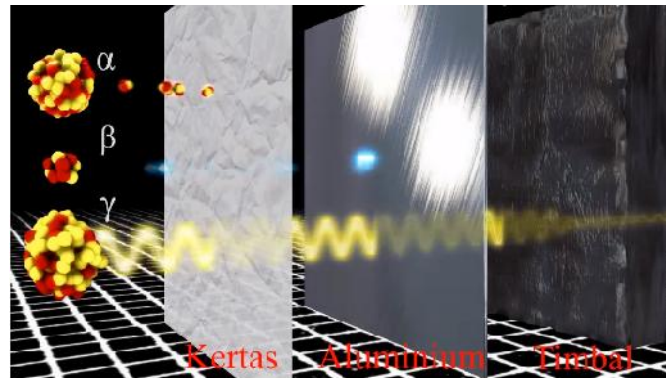
Sinar alpha terdiri atas dua proton dan dua neutron. Sinar alfa yang dipancarkan oleh bahan radioaktif dihentikan oleh selembar kertas tipis. Sinar alfa dibelokkan dalam pengaruh medan magnet, hal ini karena sinar alfa bermuatan positif.

b) **Sinar beta** merupakan elektron berenergi tinggi yang berasal dari inti atom. Sinar beta mampu menembus kertas tipis, namun dapat dihentikan oleh pelat aluminium. Sinar beta dibelokkan dalam pengaruh medan magnet, hal ini karena sinar beta bermuatan negatif.

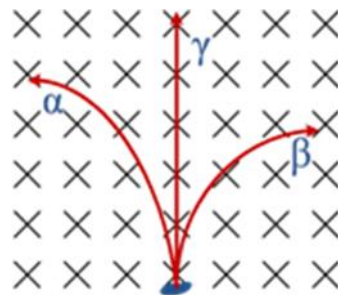
c) **Sinar gamma** adalah radiasi gelombang elektromagnetik yang terpancar dari inti atom dengan energi yang sangat tinggi yang tidak memiliki massa maupun muatan. Sinar gamma tidak

dibelokkan oleh medan magnetik. Sinar gamma dapat menembus kertas, pelat aluminium, maupun keping imbal yang tebal.

Untuk daya tembus sinar radioaktif dapat dilihat pada gambar 7, dan lintasan sinar radioaktif dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 7. Ilustrasi Daya Tembus Zarah Alfa, Beta dan Gamma



Gambar 8. Lintasan Sinar Alfa, Beta dan Gamma dalam Medan Magnet B

2) Peluruhan Radioaktif

Peluruhan adalah peristiwa pemancaran sinar radioaktif oleh zat radioaktif. Terdapat lima jenis peluruhan radioaktif yakni,

a) Peluruhan Alfa

Peluruhan alfa terjadi karena inti memiliki energi yang berlebih.

b) Peluruhan Beta

terjadi karena inti memiliki neutron $>$ proton.

c) Pemancaran Positron

terjadi karena inti memiliki proton $>$ neutron.

d) Penangkapan Elektron

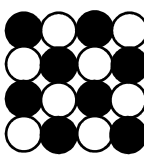
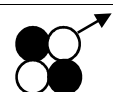
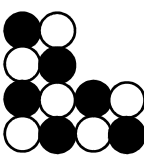
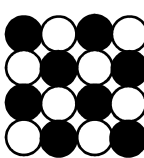
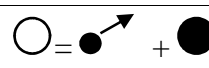
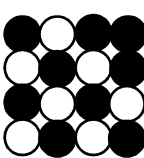
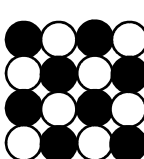
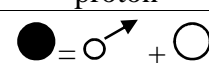
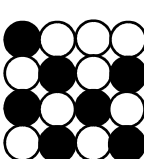
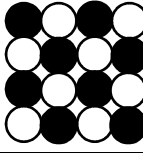
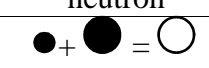
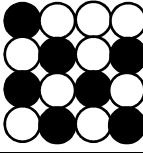
terjadi karena inti memiliki proton $>$ neutron.

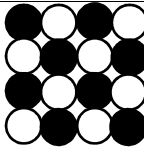

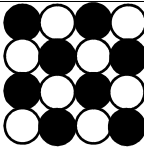
e) Peluruhan Gamma

terjadi karena inti memiliki energi yang berlebih.

Peluruhan radioaktif terbagi menjadi lima jenis, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Lima Jenis Peluruhan Radioaktif

Jenis Peluruhan	Inti Induk	Kejadian Peluruhan	Inti Anak
Peluruhan Alpha		 Pemancaran partikel alfa mereduksi ukuran inti	
Peluruhan Beta		 Pemancaran elektron oleh neutron nuklir mengubahnya menjadi proton	
Emisi Positron		 Pemancaran epositron oleh proton nuklir mengubahnya menjadi neutron	
Penangkapan elektron		 Penangkapan elektron oleh proton nuklir mengubahnya menjadi	

Jenis Peluruhan	Inti Induk	Kejadian Peluruhan	Inti Anak
Peluruhan Gamma		neutron  Pemancaran sinar gamma mengurangi energi inti	

Tabel 3. Transformasi dan Contoh Peluruhan Radioaktif

Peluruhan	Transformasi	Contoh
Peluruhan Alpha	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$	${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^4_2He$
Peluruhan Beta	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^-$	${}^{14}_6C \rightarrow {}^{14}_7N + e^-$
Emisi Positron	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + e^+$	${}^{64}_{29}Cu \rightarrow {}^{64}_{28}Ni + e^+$
Penangkapan elektron	${}^A_ZX + e^- \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y$	${}^{64}_{29}Cu + e^- \rightarrow {}^{64}_{28}Ni$
Peluruhan Gamma	${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$	${}^{87}_{38}Sr^* \rightarrow {}^{87}_{38}Sr + \gamma$

3) Waktu Paruh

Waktu paruh adalah waktu yang diperlukan untuk meluruh menjadi setengah dari inti mula-mula.

Hukum Peluruhan

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$dN = -\lambda N dt$$

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = - \int_0^t \lambda dt$$

$$\ln N \Big|_{N_0}^N = -\lambda t$$

$$\ln N - \ln N_0 = -\lambda t$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

Sehingga

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Dengan:

N = Jumlah atom radioaktif yang tersisa setelah t

N_0 = jumlah atom radioaktif sebelum meluruh

e = bilangan asli = 2,71828

λ = konstanta peluruhan

t = waktu peluruhan

waktu paruh pada peristiwa peluruhan radioaktif dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{e^{\lambda t_{1/2}}}$$

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

Karena $\ln 2 = 0,693$, maka:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Dengan:

$t_{\frac{1}{2}}$ = waktu paruh

Karena $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$, maka dengan mensubstitusikannya ke dalam

persamaan $N = N_0 e^{-\lambda t}$, maka akan memperoleh hubungan sebagai berikut.

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

Setiap peluruhan radioaktif mempunyai tetapan peluruhan dan waktu paruh yang berbeda, sehingga proses peluruhan radioaktif mempunyai laju peluruhan yang berbeda untuk isotop-isotop radioaktif yang berbeda.

4) Aktivitas Peluruhan

Aktivitas peluruhan adalah laju peluruhan dan didefinisikan sebagai jumlah peluruhan tiap satuan waktu.

Aktivitas sumber radioaktif dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A = -\frac{dN}{dt}$$

Dengan:

A = Aktivitas sumber radioaktif (Bq atau Ci)

Satuan aktivitas radioaktif adalah becquerel (Bq) atau curie (Ci).

Kedua satuan tersebut diambil dari nama-nama penemu-penemu radioaktivitas, yaitu Henri Becquerel dan keluarga Curie.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ partikel/sekon}$$

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Karena $N = N_0 e^{-\lambda t}$, maka peluruhan radioaktif dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan aktivitas sebagai berikut.

$$A = \frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt}$$

$$A = -(-N_0)e^{-\lambda t}$$

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

$$A = \lambda N$$

Jika $\lambda N_0 = A_0$, persamaan aktivitas radioaktif dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Dengan cara yang sama dengan persamaan peluruhan, maka aktivitas radioaktif juga dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

5) Penentuan Umur Radiometrik

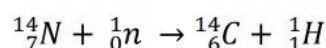
Metode yang didasarkan pada peluruhan radioaktif memungkinkan untuk menentukan umur batuan dan benda yang mempunyai asal biologis. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa peluruhan radionuklida berlangsung dengan laju konstan (tak bergantung pada kondisi eksternal), rasio antara jumlah nuklida dan nuklida anak mantap dalam benda yang diselidiki menunjukkan umurnya.

Semakin besar proporsi nuklida anak maka semakin tua umur benda.

Prosedur penentuan umur radioaktif yang menggunakan isotop karbon radioaktif beta $^{14}_6C$ sering dikenal sebagai radiokarbon.

Sinar kosmik merupakan sinar atomik berenergi tinggi, terdiri dari proton yang bergerak menembus galaksi kita kira-kira 10^{18} di antaranya sampai ke bumi tiap detik. Pada saat sinar tersebut

memasuki atmosfer maka terjadilah tumbukan dengan inti atom yang berada pada lintasannya sehingga menimbulkan hujan zarah sekunder. Di antara zarah sekunder ini terdapat neutron yang timbul dari inti target yang berdisintegrasi. Masing-masing neutron dapat bereaksi terhadap inti hidrogen dalam atmosfer untuk membentuk radiokarbon dengan pemancaran proton.



Proton mengambil seluruh elektron dan menjadikan sebuah atom hidrogen. Radiokarbon meluruh menjadi ${}^{14}_7N$ dengan umur paruh sekitar 5.760 tahun. Meskipun ${}^{14}_6C$ di bumi meluruh secara tunak, tembakan sinar kosmis secara tetap mempengaruhi persediaannya. Sesaat setelah dihasilkan dalam atmosfer, atom ${}^{14}_6C$ menempel pada molekul oksigen membentuk CO_2 radioaktif. Tanaman hijau mengambil karbon dioksida supaya tetap hidup, sehingga setiap tanaman mengandung karbon radioaktif yang terserap bersama dengan karbon dioksida yang diserapnya. Binatang makan tanaman, sehingga binatangpun menjadi radioaktif. Percampuran radiokarbon sangat efisien sehingga tanaman dan binatang memiliki proporsi ${}^{14}_6C$ terhadap karbon biasa ${}^{12}_6C$ yang sama.

Selanjutnya setelah mati, jasad makhluk hidup tidak lagi menyerap radiokarbon, dan radiokarbon yang dikandungnya terus-menerus meluruh menjadi ${}^{14}_7N$. Setelah 5.760 tahun, benda itu hanya memiliki $\frac{1}{2}$ jumlah radiokarbon relatif terhadap kandungan karbon total seperti

yang dikandungnya dalam keadaan hidup. Setelah 11.520 tahun, karbon radioaktif yang terkandung dalam jasad tinggal $\frac{1}{4}$ nya, dan seterusnya. Dengan menentukan perbandingan radiokarbon terhadap karbon biasa, kita dapat menentukan umur benda purba dan jasad benda yang berasal dari makhluk hidup. Metode ini memungkinkan penentuan umur mumi, alat-alat kayu, pakaian, kulit, batu bara, dan benda-benda lain dari kebudayaan purba sampai dengan umur 50.000 tahun (sekitar sembilan kali umur paruh $^{14}_6C$).

Supaya kandungan $^{14}_6C$ dapat diukur, karbon dalam sampel suatu organisme yang mati setelah selang waktu t biasanya dikonversi menjadi gas seperti karbon dioksida yang kemudian dimasukkan dalam detektor yang peka terhadap sinar beta. Jika aktivitas suatu massa karbon dari sebuah makhluk hidup yang sekarang masih hidup adalah A_0 dan aktivitas massa karbon dari sampel yang akan ditentukan umurnya adalah A , maka umur sampel tersebut adalah:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A}$$

6) Bahaya Radiasi

Radiasi tidak nampak tetapi berbahaya. Seperti sinar-x berbagai radiasi dari radionuklide dapat mengionisasi materi yang dilaluinya. Semua radiasi ionisasi berbahaya bagi jaringan hidup, walaupun jika kerusakannya sedikit, jaringan tersebut masih dapat memperbaiki dirinya sehingga tidak ada pengaruh yang permanen. Mudah sekali

kita mengabaikan bahaya radiasi karena biasanya ada penundaan, kadang-kadang sampai bertahun-tahun, antara pendedahan dan akibat yang mungkin, termasuk kanker, leukimia, perubahan genetik, yang dapat mengakibatkan berbagai cacat pada anak-anak. Banyak proses yang berguna melibatkan radiasi ionisasi. Beberapa diantaranya memakai radiasi, seperti pada sinar-x dan sinar gamma.

Sinar-x dan sinar gamma biasanya di pakai dalam industri dan kedokteran. Dalam kasus lain radiasi tidak diinginkan, tetapi timbul sebagai hasil sampingan, misalnya dalam operasi reaktor nuklir dan pembuangan sampahnya. Tidak mudah untuk memperoleh kesetimbangan antara risiko dan keuntungan yang diperoleh.

Pendedahan Sinar-X

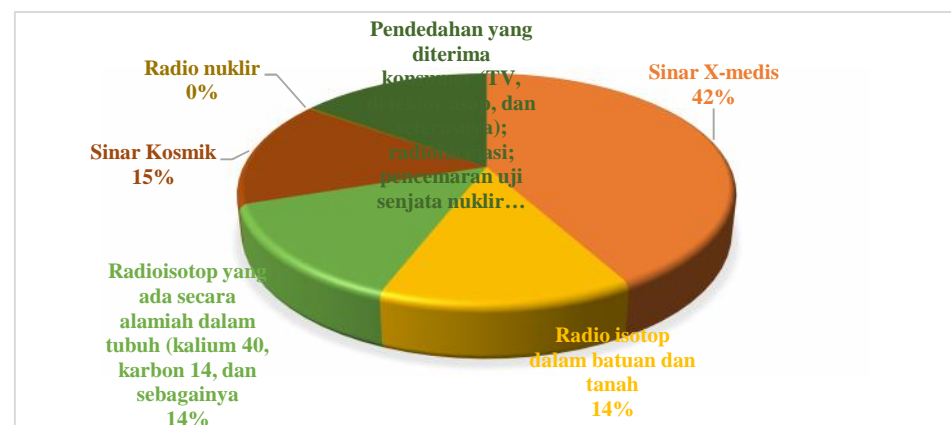
Banyak pendedahan sinar-x dilakukan tanpa alasan yang kuat sehingga lebih banyak menimbulkan bahaya daripada kebaikan kebaikan yang diperoleh. Termasuk dalam kategori ini ialah pemeriksaan dada dengan sinar-x dengan seizin rumah sakit, pemeriksaan tubuh dengan sinar-x, dan pemeriksaan gigi dengan sinar-x yang semuanya dilakukan secara “rutin”.

Wanita yang mengalami pemeriksaan simptom kanker payudara dengan sinar-x secara “rutin”, ternyata mempunyai kemungkinan yang lebih besar terkena kanker. Pemeriksaan wanita hamil secara “rutin” sangat berbahaya, karena hal ini memperbesar kemungkinan kanker

pada bayinya. Sifat *carcinogenic* sinar-x (sifat dapat menimbulkan kanker) yang sudah diketahui orang sejak tahun 1902, tujuh tahun setelah penemuannya. Tentu saja sinar-x banyak pemakaian dalam kedokteran.

Dosis Radiasi

Satuan dosis radiasi ialah *sievert* yaitu banyaknya radiasi yang pengaruh biologisnya sama dengan yang ditimbulkan oleh 1 J sinar-x atau sinar gamma pada 1 kg jaringan tubuh. (Satuan lama *rem* sama dengan 0,01 *sievert*).



Gambar 9. Sumber dosis radiasi untuk setiap orang rata-rata di Amerika Serikat

Dari gambar terlihat rata-rata untuk penduduk Amerika Serikat, sumber lain menambahkan sekitar 1,06 mili *sievert*, dengan sinar-x diagnostik memberi kontribusi terbesar, instalasi nuklir bertanggung jawab atas 0,003 mili *sievert* /tahun. Totalnya adalah 1,86 mili *sievert* /tahun sama dengan dua kali sinar-x pemeriksa gigi.

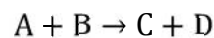
Banyak radiobiologawan berpendapat bahwa kanker berkembang untuk setiap 10 hingga 70 *sievert* pendedahan radiasi. Radiasi alamiah tidak dapat dihindarkan seperti sinar kosmik dan bahan radioaktif dalam bumi dan dalam tubuh menghasilkan laju dosis perorang sekitar 0,8 mili *sievert* /tahun.

d. Aplikasi IPTEK

1) Reaksi Inti

Reaksi inti (reaksi nuklir) adalah tumbukan yang terjadi antara partikel berenergi tinggi dan inti akan mengubah struktur inti menjadi inti baru yang berbeda dengan inti semula (inti sasaran).

Secara simbolik reaksi nuklir dapat ditulis sebagai berikut:



$$Q = [(m_A + m_B) - (m_C + m_D)]c^2$$

$$Q = [(m_A + m_B) - (m_C + m_D)] \times 931 \text{ MeV} / \text{sma}$$

Dengan:

$$Q = \text{energi suatu reaksi nuklir (MeV)}$$

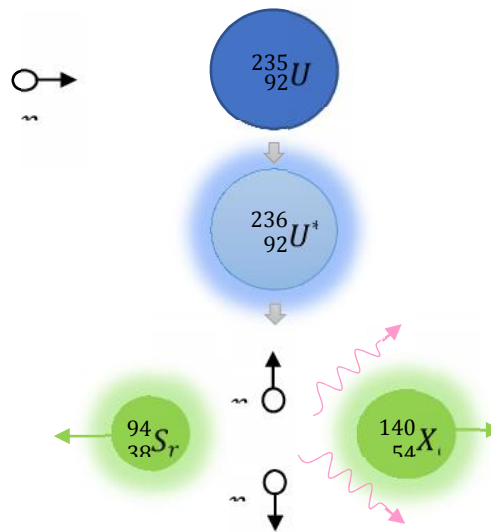
a) Reaksi Fisi

Reaksi fisi adalah pembelahan sebuah inti atom besar menjadi dua atau lebih inti atom baru yang kecil dan disertai pemancaran energi dan radiasi sinar radioaktif. Inti tidak mudah dipecahkan, yang diperlukan yaitu memecahkan inti tanpa memerlukan energi

yang lebih besar daripada yang kita terima kembali dari proses tersebut.

Jawabannya dikemukakan pada tahun 1938 dengan ditemukannya inti isotop uranium $^{235}_{92}\text{U}$ yang mengalami fisi bila ditumbuk oleh neutron. Yang menimbulkan ini bukan efek neutron. Inti $^{235}_{92}\text{U}$ menyerap neutron menjadi $^{236}_{92}\text{U}$ dan inti baru yang tidak mantap, kemudian pecah menjadi dua bagian gambar 10.

Sebuah inti berat ($A > 200$) membelah menjadi dua buah inti yang lebih ringan.



Gambar 10. Reaksi Fisi

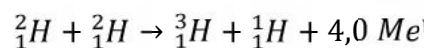
Dalam fisi nuklir, suatu penyerapan neutron menyebabkan inti berat terhadap inti yang terbelah menjadi dua bagian. Beberapa sinar gamma dan neutron yang dipancarkan dalam pemrosesan. Inti kecil disini ditunjukkan sebagai contoh yang ditimbulkan dalam fisi $^{236}_{92}\text{U}^*$ dan oleh kedua radioaktif tersebut.

b) Reaksi Fusi

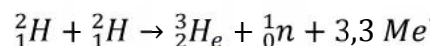
Reaksi fusi adalah penggabungan beberapa inti ringan menjadi menjadi satu inti baru yang lebih besar disertai dengan pelepasan energi.

Fusi deuterium

Dua reaksi yang tampaknya memberi harapan sebagai sumber daya komersial melibatkan penggabungan dua deutron yang membentuk triton dan proton,

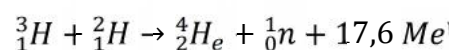


Atau penggabungan untuk membentuk inti ${}^3_2\text{H}$ dan neutron



Fusi deuterium-tritium

Reaktor fusi yang pertama mungkin sekali memakai campuran deuterium-tritium sebagai bahan reaksi



Persyaratan reaktor fusi yang harus dipenuhi yaitu pertama ialah temperatur tinggi sampai 100 juta K atau lebih sehingga inti bergerak cukup cepat untuk datang berdekatan walaupun ada gaya tolak dari muatan listrik positif. Kedua ialah kerapatan inti yang cukup tinggi untuk menjamin tumbukan semacam itu cukup sering terjadi.

2) Manfaat Radioisotop

Radioisotop merupakan isotop-isotop radioaktif buatan. Contoh radioisotop adalah karbon-12, karbon-13, neon-20, neon-22, natrium-24, fosfor-32, khrom-51, teknetium-99, iridium-131, dan lain-lain.

Radioisotop banyak digunakan dalam bidang kedokteran, biologi, industri, arkeologi, hidrologi dan bidang-bidang lain. Berikut contoh-contoh manfaat radioisotop dalam bidang-bidang tersebut.

a) Kedokteran

- (1) I-131 digunakan untuk pengujian kelenjar gondok
- (2) Co-60 menghasilkan sinar gamma yang digunakan untuk mensterilkan alat-alat kesehatan dan membunuh sel-sel kanker.
- (3) Tc-99 dan Ti-201 untuk mendeteksi kerusakan jantung
- (4) Na-24 untuk mendeteksi penyumbatan dalam peredaran darah
- (5) Xe-133 mendeteksi penyakit paru-paru
- (6) Cr-51 mendeteksi kerusakan limpa
- (7) Se-75 mendeteksi kerusakan pankreas
- (8) Tc-99 mendeteksi kerusakan tulang dan paru-paru
- (9) Ga-67 memeriksa kerusakan getah bening
- (10) C-14 mendeteksi diabetes

b) Pertanian

- (1) Pemuliaan tanaman untuk menghasilkan bibit unggul dengan teknologi radiasi bibit tanaman menggunakan sinar gamma dosis rendah (padi)
- (2) Penerapan teknologi nuklir pada pengendalian hama tanaman bertujuan untuk menghasilkan hama jantan yang steril (hama kubis)
- (3) Penyimpanan makanan sehingga tidak dapat bertunas (kentang dan bawang)

c) Peternakan

- (1) Teknologi nuklir menghasilkan makanan tambahan ternak yang dapat meningkatkan berat badan ternak
- (2) Teknologi nuklir menghasilkan vaksin yang digunakan untuk mencegah penyakit berak darah pada ayam

d) Industri

- (1) Isotop radioaktif yang menghasilkan sinar gamma digunakan untuk mengamati kebocoran tangki, pipa, dan bendungan serta untuk mengetahui keretakan pada pesawat terbang dan gedung.
- (2) Radiasi sinar gamma digunakan untuk vulkanisasi karet alam, pelapisan permukaan kayu, dan pembuatan bahan aditif untuk industri sepatu

(3) Untuk mempelajari pengaruh oli dan aditif pada mesin selama mesin bekerja

e) Arkeologi

Radioisotop C-14 digunakan untuk mengetahui umur suatu fosil dan benda-benda purbakala.

f) Hidrologi

(1) Mempelajari kecepatan aliran sungai

(2) Mengetahui rembesan air laut ke darat

(3) Mengukur pendangkalan di pelabuhan, danau, dan sungai

Materi di atas adalah materi yang akan ditampilkan pada pembelajaran menggunakan buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS, materi tersebut dibuat terlebih dahulu menggunakan program *microsoft power point 2013*.

5. Contoh Soal dan Pembahasan

Konten ini menampilkan contoh soal mengenai materi yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa dari konsep yang telah dijelaskan lengkap dengan pembahasannya. Contoh soal yang ada dalam buku elektronik interaktif ini adalah soal-soal mengenai atom hidrogen, struktur atom, defek massa, energi ikat, waktu paruh, aktivitas peluruhan dan energi reaksi.

6. Gambar, Konsep dan Formula

Konten ini menampilkan gambar, konsep dan formula. Gambar yang ditampilkan yaitu macam-macam teori atom, struktur atom, daya tembus sinar alpha, beta, dan gamma, serta reaksi fisi dan fusi. Konsep yang ditampilkan yaitu konsep teori atom, struktur atom, daya tembus sinar radiaktif, serta reaksi fisi dan fusi. Formula yang ditampilkan yaitu formula atom hidrogen, defek massa, dan waktu paruh.

7. Video Pembelajaran, Simulasi dan Animasi

Konten ini menampilkan video pembelajaran, simulasi, dan animasi sebagai penguatan terhadap pemahaman siswa mengenai materi inti atom. Penggunaan video pembelajaran, simulasi, dan animasi diharapkan akan menambah minat siswa dalam belajar karena tidak hanya dapat melihat teks dan gambar namun dapat pula melihat efek gerak, variasi warna ataupun suara yang tidak terdapat pada modul cetakan. Video yang disajikan yaitu cara Percobaan tetes minyak milikan, daya tembus sinar radiosktif, penentuan umur radioaktif, cara kerja reaktor nuklir, dan kebocoran reaktor nuklir. Simulasi yang disajikan yaitu simulasi tetes minyak milikan.

8. Evaluasi

Konten ini memuat soal interaktif yang menyajikan soal-soal evaluasi untuk mengukur kemampuan dan pemahaman siswa terhadap materi inti atom yang telah dipelajari di dalam buku sekolah elektronik interaktif pada materi inti atom.

9. Penutup

Pada konten ini terdapat menu referensi yang berisi sumber buku bacaan materi inti atom yang dimuat dalam buku sekolah elektronik interaktif.

Selain itu terdapat pula menu glosarium yang berisi kata kunci terkait materi inti atom. Menu ini dibuat menggunakan *template read*, kemudian *glossary*. Pembuatan glosarium diketik secara manual pada kolom *page* dengan judul atau kata kunci yang dibuat berformat *bold* atau bercetak tebal.

Banyaknya konten yang terdapat pada buku sekolah elektronik interaktif ini memungkinkan buku sekolah elektronik interaktif dijadikan sebagai bahan belajar mandiri siswa baik di sekolah ataupun di rumah. Sehingga orientasi pembelajaran tidak lagi berpusat pada guru tetapi menjadi berpusat pada siswa. Penggunaan buku sekolah elektronik interaktif LCDS mendorong siswa untuk lebih aktif, kreatif, dan mandiri dalam mencari informasi yang dibutuhkan sehingga membantu peserta didik belajar mandiri dan memahami konsep inti atom dengan baik. Peningkatan pemahaman konsep dan materi oleh peserta didik diharapkan akan mampu meningkatkan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis siswa. Adapun desain menumbuhkan berpikir kritis pada sajian buku sekolah elektronik interaktif adalah di bawah ini

Tabel 4. Desain Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis

Aspek Berpikir Kritis	Indikator Berpikir Kritis	Konten Fisika	Sajian di BSE Interaktif
Memfokuskan Pertanyaan	Mengidentifikasi atau merumuskan	Macam-macam teori atom yaitu	Diberikan pertanyaan awal mengenai macam-macam teori atom. Siswa

Aspek Berpikir Kritis	Indikator Berpikir Kritis	Konten Fisika	Sajian di BSE Interaktif
	kriteria untuk mempertimbangkan kemungkinan jawaban	teori atom Dalton, teori atom Thomson, teori atom Rutherford dan teori atom Bohr	diharapkan mampu menganalisis macam-macam teori atom. Dengan pertanyaan awal ini diharapkan mampu menumbuhkan kemampuan berpikir kritis siswa. Di mana siswa dapat menentukan perbedaan, serta kelemahan dan kelebihan dari teori atom. Tersebut.
Menginduksi dan Mempertimbangkan hasil induksi	Menarik kesimpulan sesuai fakta	Macam-macam teori atom yaitu teori atom Dalton, teori atom Thomson, teori atom Rutherford dan teori atom Bohr	Diberikan kegiatan siswa berupa refleksi materi inti atom. Di mana siswa diberikan pertanyaan yang mengacu pada menyatakan tafsiran dan menggunakan logika dalam mengerjakan refleksi materi tersebut. Hal ini sesuai dengan kelompok berpikir kritis menyimpulkan.
Mempertimbangkan sumber apakah dapat dipercaya atau tidak	Mempertimbangkan kesesuaian sumber dan kemampuan memberikan alasan	Jenis-jenis sinar radioaktivitas	Diberikan video dan animasi serta penjelasan singkat mengenai sinar-sinar radioaktivitas. Di mana video dan animasi penjelasan singkat ini diharapkan mampu menumbuhkan berpikir kritis siswa sesuai indikator Mempertimbangkan kesesuaian sumber dan kemampuan memberikan alasan. Sehingga siswa akan mencari tahu dari berbagai sumber mengenai materi ini untuk dapat mempertimbangkan apakah penjelasan yang diberikan ini sesuai

Aspek Berpikir Kritis	Indikator Berpikir Kritis	Konten Fisika	Sajian di BSE Interaktif
			dengan berbagai sumber.
Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi	Membuat bentuk definisi dan memberikan penjelasan lebih lanjut	Aplikasi IPTEK nuklir	Diberikan penjelasan singkat mengenai aplikasi IPTEK nuklir. Di mana penjelasan singkat ini diharapkan mampu menumbuhkan berpikir kritis siswa sesuai indikator membuat bentuk definisi dan memberikan penjelasan lebih lanjut. Sehingga siswa dapat membuat definisi atau penjelasan lanjut mengenai aplikasi IPTEK nuklir.
Membangun keterampilan dasar	Mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi	Tetes Minyak Milikan	Diberikan simulasi mengenai tetes minyak milikan digunakan sebagai bahan pengamatan siswa untuk merangsang siswa agar dapat membuat kesimpulan dan hasil dari pengamatan. Kemudian siswa diminta untuk mengerjakan tugas mandiri berupa laporan hasil pengamatan simulasi dan sumber-sumber yang mendukung. Hal ini sesuai dengan indikator berpikir kritis mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi.
Memper-timbangkan	Membuat dan menentukan hasil pertimbangan	Pemanfaatan radioaktivitas dan dampaknya bagi kehidupan	Diberikan gambar macam-macam pemanfaatan radioaktif mengenai Pemanfaatan radioaktivitas dan dampaknya bagi kehidupan. Di mana gambar-gambar ini

Aspek Berpikir Kritis	Indikator Berpikir Kritis	Konten Fisika	Sajian di BSE Interaktif
			diharapkan mampu menumbuhkan berpikir kritis siswa sesuai indikator membuat dan menentukan hasil pertimbangan. Sehingga siswa dapat membuat dan menentukan hasil pertimbangan mengenai Pemanfaatan radioaktivitas dan dampaknya bagi kehidupan.

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian Pengembangan

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Research and Development/RD*). Metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu. Produk yang akan dikembangkan yaitu pengembangan buku sekolah elektronik interaktif pada materi inti atom sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.

Uji produk penelitian dilakukan oleh ahli desain, ahli isi atau materi, dan uji satu lawan satu. Uji ahli dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk yang telah dikembangkan yang terdiri kelayakan komponen isi, kelayakan komponen bahasa, dan kelayakan komponen kualitas penyajian.

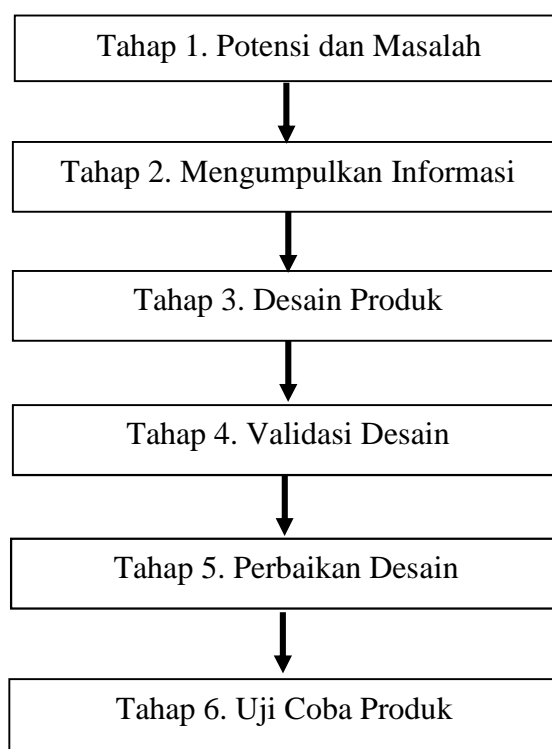
Uji ahli materi dilakukan oleh ahli bidang isi/materi untuk mengevaluasi isi/materi pembelajaran pada materi inti atom kelas XII SMA, dan ahli media/desain dilakukan oleh salah seorang dosen Pendidikan Fisika Unila yang ahli dalam bidang teknologi pendidikan untuk mengevaluasi desain multimedia interaktif.

Uji satu lawan satu dilakukan pada beberapa siswa SMA kelas XII. Uji satu lawan satu ini dilakukan untuk menguji keterbacaan dan kemudahan dalam pengoperasian produk

B. Prosedur Pengembangan Produk

Prosedur pengembangan produk buku sekolah elektronik interaktif pada materi inti atom menggunakan *software LCDS*. Tahap penelitian pengembangan ini diadaptasi dari Sugiyono (2012: 408-415) yaitu potensi dan masalah, mengumpulkan informasi, desain produk, validasi desain, perbaikan desain dan uji coba produk.

Adapun prosedur atau tahapan penelitian pengembangan produk ditampilkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 11. Langkah-langkah Memproduksi Produk Pengembangan Mengacu pada Desain Penelitian Sugiyono (2012:409)

1. Potensi dan Masalah

Salah satu materi yang dikenal siswa cukup sulit yaitu materi inti atom. Ada beberapa permasalahan dalam pembelajaran materi inti atom, yaitu kesulitan dalam memahami konsep abstrak karena inti atom merupakan salah satu topik pada pembelajaran fisika yang abstrak. Mata pelajaran inti atom yang abstrak ini menimbulkan kesulitan pada siswa dalam memahami materi tersebut. Selain itu, pokok bahasan inti atom seringkali kurang didalami oleh siswa, karena pokok bahasan yang abstrak ini berada di akhir semester 2 kelas XII SMA yang akan menghadapi ujian nasional (UN). Hal tersebut membuat guru hanya menjelaskan yang penting-penting saja dan tidak semua materi inti atom ini dipelajari.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di SMA N 1 Seputih Raman, bahwa guru masih menggunakan metode ceramah serta penggunaan media pembelajaran yang sangat terbatas yaitu sekitar 38% siswa mengatakan metode yang digunakan guru untuk mengajar fisika adalah metode ceramah dan 73% siswa mengatakan bahwa selama ini mereka hanya belajar menggunakan LKS dari suatu penerbit.

Perkembangan teknologi informasi pun menjadi jawaban atas permasalahan ini. Dengan menggunakan media berbasis komputer, yaitu pembelajaran interaktif, seorang guru dapat memvisualisasikan materi inti atom yang abstrak. Selain dapat memvisualisasikan dengan

lebih nyata, penggunaan gambar serta animasi juga mengakomodasi berbagai kegiatan seperti membaca, mendengarkan, dan melakukan. Bahkan, jika animasi dibuat dengan baik, dapat membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan tidak monoton. Penggunaan media pembelajaran semacam ini juga menjadikan pembelajaran lebih efektif dan efisien. Sehingga waktu yang sedemikian sempit untuk kelas XII dapat dimaksimalkan dengan baik

Penelitian dilakukan atas dasar adanya potensi dan masalah. Potensi adalah segala sesuatu yang bila didayagunakan akan memiliki suatu nilai tambah pada produk yang diteliti. Sementara masalah akan terjadi jika terdapat penyimpangan antara yang diharapkan dengan yang terjadi. Terdeteksinya masalah dilakukan dengan melakukan analisis kebutuhan yang merupakan langkah awal yang harus dilakukan dalam kegiatan penelitian pendahuluan dibidang pengembangan.

Analisis kebutuhan ini dilakukan dengan teknik penyebaran angket kepada guru dan siswa. Angket kebutuhan diberikan kepada guru fisika kelas XII dan siswa kelas XII IPA 4 di SMA N 1 Seputih Raman. Hasil analisis angket ini untuk mengetahui buku pembelajaran yang digunakan dan diharapkan oleh guru dan siswa, dan analisis angket ini dijadikan sebagai landasan dalam penyusunan latar belakang masalah.

Dalam pembuatan instrumen angket ini, terdapat kisi- kisi penyusunan instrumen antara lain buku seperti apa yang sering digunakan siswa dan guru dalam proses pembelajaran, lalu buku seperti apa yang diinginkan siswa dan guru dalam proses pembelajaran. Selanjutnya apakah pernah menggunakan buku elektronik dan buku elektronik seperti apa yang diinginkan siswa dan guru dalam proses pembelajaran. Kegiatan pembelajaran, ketuntasan materi, kesulitan belajar fisika, dan metode dalam pembelajaran fisika juga termasuk dalam kisi-kisi penyusunan instrumen angket.

2. Mengumpulkan Informasi

Setelah mengetahui potensi dan masalah dalam penelitian pengembangan ini, langkah berikutnya yaitu mengumpulkan berbagai informasi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah. Informasi diperoleh dengan cara studi pustaka dengan cara membaca langsung dari buku dan jurnal yang dapat diakses melalui internet. Selain itu dilakukan pula penyebaran angket analisis kebutuhan. Informasi yang dikumpulkan berupa materi yang diperlukan dalam pengembangan produk. Adapun hasil dari pengumpulan informasi ini menjadi rujukan dalam perencanaan produk yang diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut.

3. Desain Produk

Setelah mengumpulkan informasi, langkah selanjutnya adalah membuat desain produk berupa buku sekolah elektronik interaktif

materi inti atom kelas XII SMA sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan berpikir kritis, sehingga produk yang dihasilkan dapat membantu guru dan siswa dalam mengoptimalkan kegiatan pembelajaran dengan mengadakan inovasi pembelajaran.

4. Validasi Desain

Setelah produk awal selesai dibuat, maka langkah selanjutnya yaitu uji validitas kepada tim ahli yang terdiri dari ahli materi dan ahli desain. Ahli materi mengkaji apakah komponen isi buku sekolah elektronik interaktif sesuai dengan nilai mutu yang telah ditetapkan oleh Pusat Kurikulum dan Perbukuan, yaitu kelayakan isi, kelayakan komponen kebahasaan, dan kelayakan kualitas penyajian. Ahli materi yang dipilih adalah seorang dosen Pendidikan Fisika Unila yang berkompeten dalam bidang ini.

Sementara ahli desain mengkaji indikator desain berupa kesesuaian komponen pada sampul, kesesuaian komponen desain isi buku, dan keseluruhan pengemasan desain buku. Uji ini dilakukan oleh ahli desain media pembelajaran yang merupakan seorang dosen Pendidikan Fisika Unila yang berkompeten dalam Ilmu Pendidikan dan Teknologi.

5. Perbaikan Desain

Setelah dilakukan pengujian atau validasi produk yang terdiri dari validasi materi dan validasi desain berupa kelayakan isi, kelayakan penggunaan bahasa, dan kelayakan kualitas penyajian produk maka diketahui kelemahan produk dan saran dari tim ahli. Kemudian

kelemahan dan saran tim ahli dijadikan bahan perbaikan dan penyempurnaan produk yang dibuat. Produk pada penelitian pengembangan ini hanya dibuat satu buah sebagai model hasil pengembangan.

6. Uji Coba Produk

Setelah produk diperbaiki, maka selanjutnya produk yang berupa buku sekolah elektronik interaktif ini dilakukan uji coba produk berupa uji kelayakan yang akan dilakukan oleh guru SMA kelas XII dan uji keterbacaan produk dengan cara membagikan produk pada beberapa siswa kelas XII SMA. Hasil uji coba produk ini, akan diperoleh saran ataupun masukan mengenai produk dan dapat dilakukan perbaikan produk akhir pengembangan.

C. Data dan Teknik Pengumpulan Data

1. Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian pengembangan ini adalah data kuantitatif berupa data hasil jawaban instrumen angket analisis kebutuhan yang diberikan kepada guru dan siswa kelas XII SMA N 1 Seputih Raman. Instrumen angket yang diberikan pada saat uji ahli desain, materi dan uji satu lawan satu yang berupa data kuantitatif sebagai data pokok dan data kualitatif berupa saran dan masukan dari responden sebagai data tambahan. Data tersebut memberi gambaran mengenai kelayakan produk yang dikembangkan.

2. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian pengembangan ini menggunakan dua macam teknik pengumpulan data, yaitu sebagai berikut.

a. Metode Observasi

Metode observasi dilakukan untuk mengetahui kelengkapan sarana dan prasarana di sekolah yang menunjang proses pembelajaran. Data hasil observasi digunakan sebagai pendukung analisis kebutuhan yang tertuang dalam latar belakang.

b. Metode Angket

Kuesioner atau angket merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya. Angket yang digunakan berupa daftar pertanyaan yang diberikan oleh peneliti kepada responden untuk mendapatkan keterangan dari responden mengenai suatu masalah. Data dalam penelitian ini yang diperoleh dengan menggunakan instrumen angket berupa angket analisis kebutuhan guru dan siswa mengenai kegiatan pembelajaran dengan mengoptimalkan media pembelajaran.

Selain instrumen analisis kebutuhan, dibuat juga instrumen angket uji ahli dan angket respon pengguna. Instrumen angket uji ahli digunakan untuk menilai dan mengumpulkan data kelayakan produk sebagai media pembelajaran, sedangkan instrumen angket respon pengguna digunakan untuk mengumpulkan data tingkat validitas dan

kepraktisan produk yang dikembangkan. Uji validitas ada dua hal yang akan di uji yaitu uji materi dan uji desain. Uji materi yang di uji yaitu kesesuaian materi yang terdapat dalam buku sekolah elektronik interaktif apakah sudah sesuai atau belum dengan materi yang ada. Uji desain yang akan diuji yaitu kesesuaian ukuran huruf yang digunakan, warna yang digunakaan, kesesuaian animasi, gambar, dan soal evaluasi interaktif yang dikembangkan.

Uji satu lawan satu dilakukan untuk menguji keterbacaan dan kemudahan dalam pengoperasian produk buku sekolah elektronik interaktif.

D. Teknik Analisis Data

Data analisis kebutuhan diambil dari 28 siswa dan 1 guru SMA menggunakan kuesioner. Kuesioner analisis kebutuhan dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi nyata dalam proses pembelajaran. Setelah memperoleh data hasil analisis kebutuhan dari guru dan siswa, data tersebut digunakan untuk menyusun latar belakang dan mengetahui tingkat kebutuhan produk yang dikembangkan.

Untuk menganalisa data dilakukan dengan:

1. Uji validitas

Uji validitas dilakukan dengan menggunakan uji desain dan uji materi. Uji desain dilakukan oleh seorang dosen dalam bidang teknologi pendidikan dalam mengevaluasi desain media pembelajaran yaitu salah seorang dosen Pendidikan Fisika Universitas Lampung. Uji materi dilakukan oleh ahli

bidang isi atau materi dilakukan untuk mengevaluasi isi atau materi inti atom untuk SMA/MA, yaitu seorang dosen Pendidikan Fisika Universitas Lampung.

Analisis data berdasarkan instrumen uji ahli dilakukan untuk menilai sesuai atau tidaknya produk yang dihasilkan sebagai bahan ajar. Instrumen penilaian uji ahli desain dan ahli materi, memiliki rentang skor 1 sampai 4 untuk menyatakan persetujuan terhadap pernyataan yang tersedia.

Tabel 5. Skor Penilaian Uji Ahli

Kriteria Uji Ahli	Skor
4	Sangat sesuai
3	Sesuai
2	Kurang sesuai
1	Tidak sesuai

Instrumen yang digunakan memiliki empat pilihan jawaban, sehingga skor penilaian total dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\text{Skor Penilaian} = \frac{\text{Jumlah skor pada instrumen}}{\text{Jumlah total skor tertinggi}} \times 4$$

Hasil skor penilaian tersebut kemudian dicari rata-ratanya dan dikonversikan menjadi nilai kualitas. Pengkonversian skor menjadi nilai kualitas dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Konversi skor penilaian menjadi pernyataan nilai kualitas

Rata-rata skor	Nilai kualitas
3,26 - 4,00	Sangat sesuai
2,51 - 3,25	Sesuai
1,76 - 2,50	Kurang sesuai
1,01 - 1,75	Tidak sesuai

(Suyanto dan Sartinem (2009: 327))

Revisi dilakukan pada konten pertanyaan yang mendapatkan skor dibawah 2,51 atau nilai kualitas kurang sesuai dan tidak sesuai perlu direvisi.

2. Analisis Uji Satu Lawan Satu

Uji satu lawan satu dilakukan oleh para praktisi yaitu siswa dengan tujuan untuk menguji, apakah produk yang dikembangkan mudah dioperasikan atau belum dan untuk mengetahui keterbacaan dari produk yang dikembangkan. Instrumen uji satu lawan satu ini memiliki pilihan skor 1 sampai 4 untuk menyatakan persetujuan terhadap pernyataan yang tersedia pada instrumen.

Tabel 7. Skor penilaian uji satu lawan satu

Skor	Kriteria Uji Keterbacaan	Kriteria Kemudahan Mengoperasikan BSE Interaktif
4	Sangat baik	Sangat mudah
3	baik	Mudah
2	Kurang baik	Kurang mudah
1	Tidak baik	Tidak mudah

Instrumen yang digunakan memiliki empat pilihan jawaban, sehingga skor penilaian total dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\text{Skor Penilaian} = \frac{\text{Jumlah skor pada instrumen}}{\text{Jumlah total skor tertinggi}} \times 4$$

Hasil skor penilaian tersebut kemudian dicari rata-ratanya dan dikonversikan menjadi nilai kualitas. Pengkonversian skor menjadi nilai kualitas dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Konversi skor penilaian menjadi pernyataan nilai kualitas

Rata-rata skor	Nilai Kualitas Keterbacaan	Nilai Kualitas Kemudahan Pengoperasian BSE Interaktif
3,26 - 4,00	Sangat baik	Sangat mudah
2,51 – 3,25	Baik	Mudah
1,76 – 2,50	Kurang baik	Kurang mudah
1,01 – 1,75	Tidak baik	Tidak mudah

(Suyanto dan Sartinem (2009: 327))

Revisi dilakukan pada konten pertanyaan yang mendapatkan skor dibawah 2,51 atau nilai kualitas kurang baik dan tidak baik perlu direvisi. Apabila semua pernyataan mendapat skor rata-rata lebih dari 2,51 maka dapat dikatakan bahwa produk BSE interaktif mudah dioperasikan serta memiliki keterbacaan yang baik.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa

1. Produk buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom hasil pengembangan dinyatakan valid berdasarkan hasil uji ahli desain dengan skor 3,55 (sangat layak) dan uji ahli materi dengan skor 3,5 (sangat layak) sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.
2. Keterbacaan Buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom yang dikembangkan menurut siswa sangat baik dengan rerata skor 3,62. Sedangkan kemudahan dioperasikan Buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi inti atom yang dikembangkan menurut siswa sangat baik dengan rerata skor 3,7 sehingga dapat dioperasikan secara mandiri.

B. Saran

Bagi peneliti berikutnya yang akan mengembangkan buku sekolah elektronik interaktif berbasis *LCDS* disarankan:

1. Pengembangan media pembelajaran yang lebih lanjut perlu ditambahkan lagi animasi-animasi baik teks, gambar maupun video yang lebih menarik. Begitu juga dengan memberikan suara yang lebih menarik, disesuaikan dengan tampilan dan materi.
2. Produk BSE Interaktif materi inti atom ini belum di uji coba lapangan untuk mencari efektifitas BSE Interkatif ini, disarankan untuk dilakukan uji coba pada siswa sebenarnya. Uji coba ini dapat dilakukan dengan cara membandingkan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis kelas yang menggunakan BSE Interaktif dengan kelas yang menggunakan buku yang tercetak.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyi, F.K., Elvyanti, S., Gunawan, T., & Mulyana, E. 2013. Pengembangan Bahan Ajar Tik SMP Mengacu pada Pembelajaran Berbasis Proyek. *INVOTEC*. 9 (2): 117-128.
- Amri & Ahmadi. 2010. *Konstruksi Pengembangan Pembelajaran*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Anggraini, D., Sutyatna, A., & Sesunan, F. 2017. Studi Perbandingan Hasil Belajar Fisika Antara Penggunaan Gambar Bergerak Dengan Gambar Statis. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 5 (1): 83-95.
- Aremu, A., & Efuwape, B.M. 2013. A Microsoft Learning Content Development System (LCDS) Based Learning Package for Electrical and Electronics Technology-Issues on Acceptability and Usability in Nigeria. *American Journal of Educational Research*. 1 (2): 41-48.
- Arsyad, A. 2014. *Media Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Beiser, Arthur.1987. *Fisika Modern Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Bunyamin, H., & Amanah. 2015. Penggunaan Media Gambar Sebagai Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di Kelas I Madrasah Ibtidaiyah An-Nur Kota Cirebon. *Jurnal Al Ibtida*. 2 (2): 1-17.
- Busyaeri, A., Udin, T., & Zaenuddin, A. 2016. Pengaruh Penggunaan Video Pembelajaran Terhadap Peningkatan Hasil Belajar Mapel IPA di Min Kroya Cirebon. *Jurnal Al Ibtida*. 3 (1): 116-137.
- Darlen, R.F., Sjarkawi., & Lukman, A. 2015. Pengembangan E-book Interaktif untuk Pembelajaran Fisika SMP. Universitas Jambi. *Tekno-Pedagogi*. 5 (1): 13-23.
- Daryanto. 2013. *Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Gava Media.

- Depdiknas. 2004. *Pedoman Penyusunan Lembar Kerja Siswa Dan Skenario Pembelajaran Sekolah Menengah Atas*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Djamarah, S.B., & Zain, A. 2002. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Dwijananti, P., & Yulianti, D. 2010. Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Melalui Pembelajaran Problem Based Instruction pada Mata Kuliah Fisika Lingkungan. Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 6 (6): 108-114.
- Eskawati, S.Y., & Sanjaya, I.G.M. 2012. Pengembangan E-Book Interaktif pada Materi Sifat Koligatif Sebagai Sumber Belajar Siswa Kelas XII IPA. Jurusan FMIPA UNESA. *Unesa Journal of Chemistry Education*. 1 (2): 46-53.
- Hadi, W. S., & Dwijananti, P. 2015. Pengembangan Komik Fisika Berbasis Android Sebagai Suplemen Pokok Bahasan Radioaktivitas untuk Sekolah Menengah Atas. Universitas Negeri Semarang, Indonesia. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 4 (2): 16-24.
- Hamalik, O. 1998. *Kurikulum dan Pembelajaran*. Bandung: Bumi Aksara.
- Hamid, M.A., Nyeneng, I.D.P., & Rosidin, U. (2013). Perbandingan Penggunaan Feedback pada Lembar Jawaban Siswa Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Melalui Pembelajaran Kontekstual. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 1(5): 79-87.
- Hassoubah, Z. I. 2002. *Mengasah Pikiran Kreatif dan Kritis*. Jakarta: Nuansa.
- Hayati, S., Budi, A.S., & Handoko, E. 2015. Pengembangan Media Pembelajaran Flipbook Fisika untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. Universitas Negeri Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Fisika, E-Journal SNF*: 49-54.
- Hidayat, A., Suyatna, A., & Suana, W. 2017. Pengembangan Buku Elektronik Interaktif pada Materi Fisika Kuantum Kelas XII SMA. Universitas Lampung. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 5 (5): 87-101.
- Husein, S., Herayanti, L., & Gunawan. 2015. Pengaruh Penggunaan Multimedia Interaktif Terhadap Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Suhu dan Kalor. Universitas Mataram. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1 (3): 221-225.
- Ilham, M. 2009. *Tinjauan Tentang Buku Sekolah Elektronik Interaktif* di akses dari <http://digilib.uinsby.ac.id/7818/5/Bab%202.pdf> pada tanggal 19 Desember 2017 pukul 01.24 WIB.

- Irsyada, Roas. 2016. Analisis Isi dan Kelayakan Penyajian Buku Sekolah Elektronik (BSE). *Journal of Physical Education, Health and Sport*. 3 (2): 121-126.
- Kurniawan, D., Suyatna, A., & Suana, W. 2015. Pengembangan Modul Interaktif Menggunakan *Learning Content Development System* pada Materi Listrik Dinamis. Universitas Lampung. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 3 (6): 1-10.
- Mundilarto. 2002. *Kapita Selekta Pendidikan Fisika*. Yogyakarta: UNY.
- Rosida, N. F., & Jalmo, T. 2017. Efektivitas Penggunaan Bahan Ajar E-book Interaktif dalam Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. Universitas Lampung. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 5 (1): 35-45.
- Rusman. 2002. *Model-Model Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Sadiman, A.S., Raharjo, R., Haryono, A., & Rahardjito. 2010. *Media pendidikan Pengertian, Pengembangan dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Pustekom dan Raja Grafindo Persada.
- Santrock, J.W. 2007. *Psikologi Pendidikan edisi ke-2*. Jakarta: Kencana Prenada Media Grup.
- Setyowati, A., & Subali, M.B. 2011. Implementasi Pendekatan Konflik Kognitif dalam Pembelajaran Fisika untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Kelas VIII. Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. ISSN: 1693-1246: 89-96.
- Suarsana, I.M & Mahayukti, G.A. 2013. Pengembangan E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*. 2 (2): 264-275.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Sukiman. 2012. *Pengembangan Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Pedagogia.
- Sundari, A., Suyatna, A., & Sesunan, F. 2015. Pengembangan Kuis Interaktif Tipe *Multiple Response* untuk Melatih Kemampuan Eksplorasi Fenomena Fisika. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 3 (1): 69-78.
- Suryani, W., & Sukarmin. 2012. Pengembangan E-Book Interaktif pada Materi Pokok Elektrokimia Kelas XII SMA. Jurusan FMIPA UNESA. *Unesa Journal Chemical Education*. 1 (2): 54-62.
- Susilana, R & Riyana, C. 2007. *Media Pembelajaran*. Bandung: CV Wacana Prima.

- Susilo, A.B. 2012. Pengembangan Model Pembelajaran IPA Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Motivasi Belajar dan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal unnes.* 1 (1): 57-63.
- Sutrisno., Murtiono, E.S., & Tamrin, A.G. 2013. Alternatif Model Penggunaan Buku Sekolah Elektronik (BSE) Berbasis Project Based Learning Sebagai Salah Satu Sumber Belajar di Sekolah Menengah Kejuruan. Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS. *JIPTEK.* 7 (2): 117-124
- Suyanto, E., dan Sartinem. 2009. Pengembangan Contoh Lembar Kerja Fisika Siswa dengan Latar Penuntasan Bekal Awal Ajar Tugas Studi Pustaka dan Keterampilan Proses untuk SMA Negeri 3 Bandar Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan.*
- Suyatna, A., Anggraini, D., Agustina, D., & Widyastuti, D. 2017. The Role of Visual Representation in Physics Learning: Dynamic Versus Static Visualization. *Journal of Physics: Conference Series.* 909 (1): 1-6
- Taufani, D.R., & Iqbal, M. 2011. *Membuat Content E-Learning dengan Microsoft Learning Content Development System (LCDS).* Bandung: Universitas Komputer Indonesia.
- Wafroturrohmah., & Suyatmini. 2013. Penggunaan Metode *Problem Based Learning* untuk Meningkatkan Kemampuan Belajar Mandiri Mahasiswa Jurusan Pendidikan Akuntansi pada Mata Kuliah Akuntansi Perpajakan. Accounting Education Department FKIP-UMS. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial.* 23 (1): 32-41.
- Wiyanto, A. Sopyan., Nugroho., & Wibowo, S. W. A. 2007. Potret Pembelajaran Sains di SMP dan SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran.* 40 (2): 63-66.
- Wulandari, S.R., Suyanto, E., & Suana, W. 2016. Modul Interaktif dengan *Learning Content Development System* Materi Pokok Listrik Statis. *Jurnal Pembelajaran Fisika.* 4, (2): 23-34.