

**PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) BERBASIS
REPRESENTASI JAMAK UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA
TEMA PERAN ENERGI DALAM KEHIDUPAN**

(Tesis)

Oleh

CRIS AYU SETYANINGSIH



**MAGISTER KEGURUAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) BERBASIS REPRESENTASI JAMAK UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA TEMA PERAN ENERGI DALAM KEHIDUPAN

Oleh

CRIS AYU SETYANINGSIH

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Lembar Kerja Siswa (LKS) berbasis representasi jamak untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada tema peran energi dalam kehidupan. Desain penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dilakukan dengan cara studi pendahuluan, pengembangan produk awal, tahap validasi dan revisi, tahap uji coba melalui implementasi LKS di sebuah SMP di Lampung Utara, dan wawancara setelah perlakuan hingga diperoleh produk akhir berupa LKS berbasis representasi jamak. Tujuan penelitian yaitu menghasilkan LKS yang memenuhi kriteria kelayakan (validitas), kepraktisan, dan keefektivan.

Kelayakan LKS diukur dari hasil validasi ahli. Kepraktisan LKS dilihat dari penilaian keterlaksanaan pembelajaran dan respon siswa melalui observasi dan angket. Keefektivan LKS dapat dilihat dari peningkatan *N-gain* dan aktivitas

siswa. Efektivitas produk diperoleh melalui penelitian kuasi eksperimen dengan *non equivalent control group design* yaitu dengan melihat perbedaan *pretest* maupun *posttest* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKS berbasis representasi jamak secara konten dan konstruk telah valid dan layak digunakan; praktis digunakan dengan tingkat keterlaksanaan sangat tinggi dan mendapatkan respon sangat baik dari siswa; serta efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dan mendorong aktivitas siswa dengan kategori sangat tinggi.

Kata kunci: LKS, representasi jamak, keterampilan berpikir kritis

**PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) BERBASIS
REPRESENTASI JAMAK UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA
TEMA PERAN ENERGI DALAM KEHIDUPAN**

Oleh

CRIS AYU SETYANINGSIH

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN**

Pada

**Program Pascasarjana Magister Keguruan IPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



**MAGISTER KEGURUAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Tesis : **Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis Representasi Jamak untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Tema Peran Energi dalam Kehidupan**

Nama Mahasiswa : **Cris Ayu Setyaningsih**

No. Pokok Mahasiswa : 1423025022

Program Studi : Magister Keguruan IPA

Jurusan : Pendidikan MIPA

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Pembimbing I

Dr. Tri Jalmo, M.Si.
NIP 19610910 198603 1 005

Pembimbing II

Dr. Abdurrahman, M.Si.
NIP 19681210 199303 1 002

Ketua Jurusan
Pendidikan MIPA

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

Ketua Program Studi
Magister Keguruan MIPA

Dr. Tri Jalmo, M.Si.
NIP 19610910 198603 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Tri Jalmo, M.Si.

Sekretaris : Dr. Abdurrahman, M.Si.

Penguji Anggota : I. Dr. Sunyono, M.Si.

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

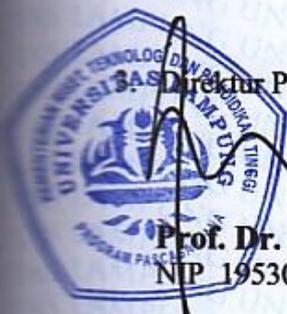
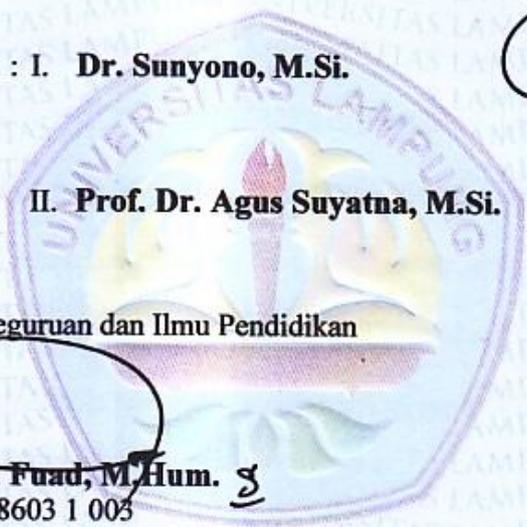
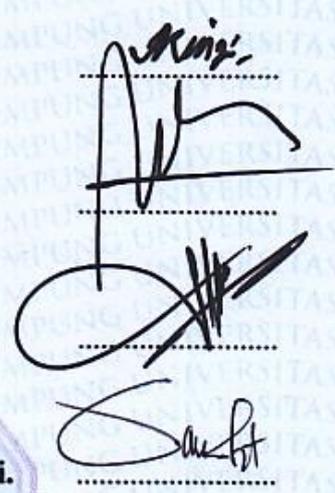
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Muhammad Fuad, M.Hum.
NIP. 19590722 198603 1 003

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Sudjarwo, M.S.
NIP. 19530528 198103 1 002

4. Tanggal Lulus Ujian : 17 Juni 2017



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul "PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) BERBASIS REPRESENTASI JAMAK UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA TEMA PERAN ENERGI DALAM KEHIDUPAN" adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiatisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2017
Pembuat pernyataan



Cris Ayu Setyaningsih
NPM 1423025022

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, Lampung Utara pada tanggal 25 Mei 1993, sebagai anak pertama dari empat bersaudara, dari Bapak Slamet Hadi Santoso dan Ibu Jumirah.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 6 Kelapa Tujuh pada tahun 2004, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 7 Kotabumi pada tahun 2007, Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 3 Kotabumi pada tahun 2010. Pada tahun 2014 penulis menyelesaikan pendidikan Strata-1 Pendidikan Biologi Universitas Lampung, dan saat ini sedang menyelesaikan Program Magister di Keguruan IPA Universitas Lampung.

Penulis melaksanakan Program Pengalaman Lapangan (PPL) di SMP Negeri 2 Way Tenong dan Kuliah Kerja Nyata Kependidikan Terintegrasi (KKN-KT) di Kabupaten Lampung Barat (Tahun 2013), serta penelitian pendidikan di SMA Negeri 5 Bandar Lampung untuk meraih gelar sarjana pendidikan/S.Pd. (Tahun 2014). Sementara untuk menyelesaikan program magister penulis melakukan penelitian pendidikan di SMP Negeri 7 Kotabumi (Tahun 2016). Sejak tahun 2014 hingga saat ini menjadi pembina olimpiade sains biologi di SMAN 3 Kotabumi, serta sejak tahun 2016 menjadi staf pengajar di SMK YPIB Kotabumi.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji bagi Allah SWT, atas segala rahmat, nikmat, dan karuniannya yang tiada terkira.

Sholawat serta salam selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, teladan dalam segala bentuk kebaikan.

Kupersembahkan karya ini sebagai tanda bakti dan cintaku kepada:

Ibuku Jumirah dan bapakku Slamet Hadi Santoso, yang telah mendidik dan membesarkan ku dengan segala doa terbaik mereka, kesabaran, keikhlasan, pengorbanan, dan limpahan kasih sayang, selalu mendukung setiap langkah ku menuju kesuksesan dan kebahagiaan.

Adik-adikku Irvan Nafisian Santoso, Annisa Matha Sela, dan Rifda Khoirul Alya yang selalu mendoakan dan memotivasi ku; serta seluruh keluarga besarku yang selalu mendukung dan menantikan keberhasilanku.

Guru-guruku, yang telah memberikan ilmu, nasihat, dan arahnya kepadaku.

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

MOTO

*“Dan Aku tidak menciptakan jin dan manusia melainkan supaya mereka menyembah-Ku”
(QS. Adz-Dzariyat: 56)*

*“Sebaik-baik manusia adalah orang yang paling bermanfaat bagi manusia (lainnya)”
(HR. Thabrani)*

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul “PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) BERBASIS REPRESENTASI JAMAK UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA TEMA PERAN ENERGI DALAM KEHIDUPAN” adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiatisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2017
Pembuat pernyataan

Cris Ayu Setyaningsih
NPM 1423025022

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala nikmat dan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis Representasi Jamak untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Tema Peran Energi dalam Kehidupan" sebagai salah satu syarat dalam meraih gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Keguruan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini tidak terlepas dari peranan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. H. Muhammad Fuad, M.Hum., selaku Dekan FKIP Unila;
3. Prof. Dr. Sudjarwo, M.S., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Dr. Tri Jalmo, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Keguruan IPA, pembimbing akademik, dan pembimbing utama atas bantuan dan kesediaannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan masukannya kepada penulis selama proses penyelesaian tesis ini;
5. Dr. Abdurrahman M.Si., selaku pembimbing kedua atas bantuan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan masukan kepada

penulis selama menyelesaikan tesis;

6. Dr. Sunyono, M.Si., selaku penguji utama atas saran, masukan, dan arahan yang diberikan hingga terselesaikannya tesis ini;
7. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si. selaku penguji anggota atas saran, masukan, dan arahan yang diberikan bagi perbaikan tesis ini;
8. Bapak dan Ibu dosen serta staf program studi magister keguruan IPA. Dr. Noor Fadiawati M.Si., dan Dr. Mulyanto Widodo M.Pd., selaku validator/uji ahli, atas waktu serta saran yang diberikan;
9. Hj. Farida Paksi, S.Pd. selaku Kepala SMPN 7 Kotabumi, Reva Septiana, S.Pd. selaku guru mitra, serta siswa-siswi kelas SMPN 7 Kotabumi atas kerja sama dan bantuannya selama penelitian;
10. Rekan-rekan Magister Keguruan IPA '14 genap, atas kebersamaan dan kekeluargaan selama di bangku kuliah, serta kakak dan adik tingkat Magister Keguruan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung;
11. Semua pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini;

Semoga Allah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, serta berkenan membalas semua budi baik yang diberikan kepada penulis dan semoga tesis ini bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Bandar Lampung, Juni 2017

Penulis,

Cris Ayu Setyaningsih

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan Penelitian	11
D. Manfaat Penelitian	12
E. Ruang Lingkup Penelitian	12
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Hakikat Sains dan Pembelajaran Sains	14
B. Bahan Ajar	18
C. Representasi Jamak	29
D. Representasi Jamak dalam Pembelajaran Sains	38
E. Keterampilan Berpikir Kritis	48
F. Kerangka Pikir	53
G. Hipotesis	56
III. METODE PENELITIAN	
A. Desain Penelitian	57
B. Prosedur Penelitian.....	58
C. Teknik dan Alat Pengumpulan Data	67
D. Teknik Analisis Data	69
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	79
1. Hasil tahap studi pendahuluan	79
2. Hasil tahap perancangan/pengembangan	83
3. Hasil tahap pengujian/implementasi	92

B. Pembahasan.....	110
V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	132
B. Saran	132
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN	147

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria ketercapaian validitas.....	71
2. Kriteria tingkat keterlaksanaan.....	72
3. Kriteria koefisien reliabilitas	75
4. Draft produk awal pengembangan LKS berbasis representasi jamak pada tema peran energi dalam kehidupan	83
5. Hasil validasi isi/materi.....	84
6. Hasil validasi konstruk	85
7. Hasil validasi bahasa	86
8. Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran	88
9. Respon siswa terhadap LKS berbasis representasi jamak (n=30).....	90
10. Hasil uji validitas item soal tes keterampilan berpikir kritis	91
11. Hasil uji reliabilitas item soal tes keterampilan berpikir kritis.....	92
12. Rekapitulasi hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran	100
13. Respon siswa terhadap pembelajaran menggunakan representasi jamak (n=37).....	102
14. Hasil uji normalitas data keterampilan berpikir kritis	103
15. Hasil uji homogenitas data keterampilan berpikir kritis	103
16. Hasil uji-t <i>N-gain</i> keterampilan berpikir kritis	104
17. Hasil observasi aktivitas siswa dalam pembelajaran.....	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Fungsi representasi jamak.....	38
2. Model kognisi menggunakan representasi jamak berdasarkan Teori Pengkodean Ganda (<i>Dual Coding Theory</i>).....	42
3. Skema kerangka pikir.....	55
4. <i>Sequential embedded design</i>	57
5. Tahapan dan aktivitas penelitian dan pengembangan	59
6. Desain eksperimen <i>one-shot case study</i>	65
7. Desain eksperimen <i>nonequivalent control group design</i>	66
8. Diagram hasil angket analisis kebutuhan guru.....	81
9. Diagram hasil angket analisis kebutuhan siswa	82
10. Contoh jawaban siswa pada LKS I.....	94
11. Contoh jawaban siswa pada LKS II	96
12. Contoh jawaban siswa pada LKS III.....	97
13. Contoh jawaban siswa pada LKS IV.....	98
14. Contoh jawaban siswa pada LKS V	99
15. Peningkatan <i>N-gain</i> tiap indikator keterampilan berpikir kritis siswa.	105

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Angket analisis kebutuhan guru	148
2. Angket analisis kebutuhan siswa	150
3. Rekapitulasi hasil angket analisis kebutuhan guru.....	151
4. Rekapitulasi hasil angket analisis kebutuhan siswa	152
5. Kisi-kisi instrumen validasi isi LKS	153
6. Lembar validasi isi LKS	155
7. Kisi-kisi instrumen validasi konstruk LKS	157
8. Lembar validasi konstruk LKS	160
9. Kisi-kisi instrumen validasi bahasa LKS	163
10. Lembar validasi bahasa LKS	165
11. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran.....	171
12. Angket respon siswa	173
13. Lembar observasi aktivitas siswa.....	175
14. Silabus	177
15. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	181
16. <i>Storyboard</i> LKS berbasis representasi jamak	201
17. Produk LKS berbasis representasi jamak.....	204
18. Kisi-kisi soal tes	259
19. Soal tes keterampilan berpikir kritis siswa	261
20. Pedoman wawancara.....	269
21. Data-data hasil validasi	271
22. Hasil pengamatan tingkat keterlaksanaan pembelajaran.....	275
23. Data respon siswa terhadap LKS berbasis representasi jamak	276
24. Hasil uji validitas dan reliabilitas soal tes	277

25. Rekapitulasi hasil pengamatan tingkat keterlaksanaan pembelajaran .	280
26. Respon siswa terhadap LKS berbasis representasi jamak.....	282
27. Data aktivitas siswa.....	283
28. Daftar nilai pretes, postes, N-gain.....	286
29. Hasil uji normalitas	287
30. Hasil uji homogenitas.....	288
31. Hasil uji t (perbandingan N-gain)	289
32. Transkrip wawancara	290
33. Surat izin penelitian.....	301
34. Surat keterangan penelitian	302
35. Foto-foto penelitian.....	303

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Sains (IPA) adalah ilmu yang mempelajari tentang fenomena-fenomena di alam semesta (Depdiknas, 2006: 3). Menurut Duschl *et al.* (2007: 26) sains adalah batang tubuh pengetahuan yang merepresentasikan pemahaman mengenai sistem alam dan proses dimana pengetahuan tersebut ditetapkan, terus dikembangkan dan diperbaiki. Tujuan pendidikan sains menitikberatkan pada produk sains meliputi fakta, prinsip, hukum dan teori-teori yang membentuk basis pengetahuan dan menetapkan standar sains, serta menekankan proses sains, yaitu metode yang digunakan dalam pengumpulan, analisis, sintesis dan evaluasi bukti (Duschl, 1990: 8-11).

Faktanya kualitas pendidikan di beberapa negara masih terkategori rendah, khususnya negara-negara berkembang termasuk Indonesia. Berdasarkan penilaian *Education Development Index* (EDI) atau Indeks Pembangunan Pendidikan menunjukkan bahwa Indonesia berada di peringkat ke-64 dari 120 negara (UNESCO, 2012: 309). Sementara itu *The United Nations Development Programme* (UNDP) tahun 2013 juga telah melaporkan *Human Development Index* (HDI) atau Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

Indonesia yang meliputi aspek tenaga kerja, kesehatan, dan pendidikan berada pada peringkat 121 dari 185 negara. Selain itu, berdasarkan laporan lembaga *The Learning Curve* terhadap analisis kinerja pendidikan, Indonesia berada pada peringkat 40 dari 40 negara pada pemetaan kualitas pendidikan (Pearson, 2014).

Saat ini pembelajaran sains masih menjadi masalah di banyak negara, hal tersebut tercermin dari beberapa hasil studi internasional terhadap tingkat pencapaian kemampuan sains siswa seperti TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) dan PISA (*Programme for International Student Assessment*). Berdasarkan data TIMSS terakhir yang diadakan tahun 2011, terdapat 24 dari 42 negara yang memiliki rata-rata skor prestasi sains di bawah standar internasional yaitu 500 (IEA, 2012: 4). Sementara itu, berdasarkan hasil studi PISA tahun 2015, terdapat 40 dari 70 negara memiliki rata-rata skor prestasi sains di bawah standar internasional yaitu 493 (OECD, 2016: 5).

Data TIMSS terakhir tahun 2011 menunjukkan bahwa Indonesia menempati peringkat ke-40 dari 42 negara dengan nilai rata-rata 406 (IEA, 2012: 4). Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata skor prestasi sains siswa kelas VIII Indonesia berada signifikan di bawah rata-rata internasional dan secara umum berada pada tahapan terendah (*Low International Benchmark*). Sedangkan hasil PISA terakhir tahun 2015 menunjukkan bahwa Indonesia berada pada peringkat 62 dari 70 negara dengan nilai rata-rata 403 (OECD, 2016: 5). Hasil studi ini

dapat dijadikan rujukan mengenai rendahnya prestasi sains siswa Indonesia dibandingkan dengan negara lain.

Rendahnya prestasi sains ini disebabkan karena soal-soal yang terdapat pada TIMSS dan PISA membutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, salah satunya adalah keterampilan berpikir kritis. Hasil penelitian Sulaiman, dkk. (2007: 210) menunjukkan bahwa siswa tidak memperoleh skor tes yang baik dalam tes yang mengukur kemampuan untuk mengidentifikasi asumsi, mengevaluasi argumen dan membuat kesimpulan. Oleh karena itu kemampuan siswa untuk berpikir kritis telah menjadi perhatian utama di antara pendidik ketika mereka mencoba untuk mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi perolehan keterampilan berpikir.

Keterampilan kognitif yang dibutuhkan untuk menjawab soal-soal TIMSS 2011 antara lain domain pengetahuan, mengacu pada pengetahuan dasar siswa tentang fakta, informasi, simbol, dan konsep sains. Domain kognitif ini juga mencakup pemilihan contoh ilustratif untuk mendukung pernyataan, fakta, atau konsep. Domain kedua ialah penerapan, berfokus pada kemampuan siswa untuk membandingkan, membedakan, dan menggolongkan, serta untuk menginterpretasikan informasi ilmiah dari konsep atau prinsip sains; menggunakan diagram atau model untuk mendemonstrasikan pemahaman mereka terhadap konsep dan prinsip sains; mencari solusi atau mengembangkan sebuah penjelasan. Domain ketiga penalaran, mencakup proses pemecahan masalah, mengembangkan penjelasan, menarik kesimpulan, membuat keputusan atau memberikan solusi dari masalah sains pada situasi

yang tidak biasa, konteks yang kompleks, dan masalah multi-langkah (IEA, 2011: 80).

Adapun deskripsi keterampilan untuk sains pada PISA 2015 antara lain siswa mampu memberikan penjelasan secara konsisten, mengevaluasi dan membuat pertanyaan ilmiah, serta menginterpretasikan data dalam berbagai situasi kehidupan yang kompleks yang membutuhkan tuntutan kognitif tingkat tinggi. Siswa mampu membuat inferensi dengan tepat dari berbagai sumber data kompleks yang berbeda pada berbagai konteks dan memberikan penjelasan dalam berbagai cara tentang hubungan sebab akibat. Siswa juga dapat mengubah representasi data, dan menunjukkan kemampuan untuk membuat penilaian yang tepat tentang keandalan dan keakuratan setiap klaim ilmiah. Selanjutnya siswa secara konsisten menunjukkan pemikiran dan penalaran ilmiah lanjutan (*advanced scientific thinking*) yang membutuhkan penggunaan model dan ide abstrak dan menggunakan penalaran seperti itu dalam situasi yang tidak biasa dan kompleks. Siswa dapat mengembangkan argumen untuk mengkritik dan mengusulkan rancangan eksperimental dalam kisaran konteks pribadi, lokal dan global (OECD, 2016: 42).

Dengan demikian, keterampilan berpikir yang diukur pada TIMSS 2011 dan PISA 2015 salah satunya ialah keterampilan berpikir kritis, karena domain dan deskripsi keterampilan kognitif yang diukur pada kedua studi internasional tersebut mencakup indikator keterampilan berpikir kritis, seperti memberikan penjelasan sederhana dan lebih lanjut, membuat inferensi, membangun keterampilan dasar, serta mengatur strategi dan taktik.

Penelitian yang dilakukan oleh Kong (2006: 6) juga menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis, khususnya sub-keterampilan inferensi, deduksi dan pengakuan asumsi, bisa dipelajari dan/atau ditingkatkan bahkan di tingkat dewasa. Selain itu Paul, Elder dan Bartell (1997: 18) telah melakukan penelitian terhadap program persiapan guru negeri dan swasta yang akan mengajar di sekolah dasar dan menengah di negara bagian California dan menemukan bahwa meskipun mayoritas (89%) guru mengaku berpikir kritis menjadi tujuan utama pembelajaran mereka, hanya sebagian kecil (19%) yang dapat memberi penjelasan tentang apa yang dimaksud dengan berpikir kritis. Selanjutnya, menurut jawaban mereka, hanya 9% dari responden yang mengembangkan keterampilan berpikir kritis di kelas.

Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skill*), sementara pembelajaran IPA yang berlangsung saat ini masih berkuat pada *lower-order thinking skill* (Widowati, 2009: 84). Pendidikan yang sesuai dengan kebutuhan masa depan hanya akan dapat terwujud apabila terjadi pergeseran atau perubahan pola pikir yang meliputi proses pembelajaran dari maya/abstrak menuju konteks dunia nyata, dari alat tunggal menuju alat multimedia, dan dari pemikiran faktual menuju kritis (Kemdikbud, 2014: 5).

Salah satu hal yang menyebabkan rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa adalah proses pembelajaran yang berlangsung selama ini belum mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hal ini sesuai dengan Ruggiero (1988) yang berpendapat bahwa pengajaran eksplisit pada tingkat

penalaran yang lebih tinggi dan berpikir kritis tidak tergantung pada apa yang diajarkan, melainkan bagaimana itu diajarkan. Satu-satunya perubahan signifikan yang diperlukan adalah perubahan dalam mengajar/metodologi. Young (1980) juga mengemukakan bahwa jika guru menggunakan metode pembelajaran dan materi kurikulum yang tepat, siswa akan meningkatkan keterampilan berpikir kritis mereka.

Faktanya guru seringkali mengalami kesulitan dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa disebabkan oleh keterbatasan bahan ajar dalam proses pembelajaran. Fakta tersebut dapat dilihat dari data studi pendahuluan yang dilakukan terhadap 11 orang guru SMP dari beberapa sekolah di Provinsi Lampung diperoleh hasil bahwa 81,81% guru menggunakan LKS dalam pembelajaran sains di sekolah, sedangkan 18,19% guru tidak menggunakan LKS sehingga proses pembelajaran hanya mengandalkan buku paket yang disediakan oleh sekolah, sementara buku paket yang disediakan sekolah selain jumlahnya terbatas juga belum mengarahkan siswa untuk belajar aktif dan mengembangkan keterampilan berpikirnya. Siswa masih membutuhkan bahan ajar lain seperti LKS sebagai penunjang proses pembelajaran. Menurut Suyitno dkk. (1997: 40) LKS merupakan salah satu alternatif pembelajaran yang tepat bagi siswa untuk menambah informasi tentang konsep yang dipelajari melalui kegiatan belajar secara sistematis.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa 45,45% LKS yang digunakan oleh guru dan siswa diperoleh dengan membeli di pasaran, hanya 27,27% guru

yang membuat LKS sendiri, dan 9,09% LKS diperoleh dari sekolah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa masih banyak guru yang belum berinovasi untuk membuat LKS sendiri dengan berbagai alasan, salah satunya adalah kepraktisan. Purwanto (2011: 229) mengemukakan bahwa kreativitas guru sangat dominan terutama dalam memilih, menyiapkan, mendesain, inovasi, atau bahkan membuat media pembelajaran. Salah satu usaha kreatif nyata yang dapat dilakukan diantaranya membuat LKS untuk demonstrasi, LKS keterampilan proses pembelajaran, LKS eksperimen untuk keterampilan siswa dalam (pengoperasian suatu alat ukur, pengukuran besaran, membuktikan suatu konsep, dan lain-lain). Dengan demikian penting bagi guru untuk mengembangkan LKS secara mandiri agar sesuai dengan tujuan pembelajaran yang diharapkan.

Berdasarkan hasil analisis terhadap LKS yang beredar di pasaran menunjukkan bahwa LKS tersebut memiliki banyak sekali kelemahan. Kelemahan tersebut antara lain: isi LKS lebih memusatkan pada aspek kognitif dan cenderung berorientasi pada produk. Uraian materi pada LKS tidak merepresentasikan indikator-indikator dalam kompetensi dasar sehingga menyulitkan guru dalam membelajarkan kompetensi yang harus dikuasai siswa. Kebanyakan LKS hanya berisi soal-soal yang harus dikerjakan sehingga tidak membantu siswa dalam melakukan tahap eksplorasi dan elaborasi, akibatnya siswa kurang tertarik untuk belajar serta mengembangkan keterampilan berpikirnya. Kemudian LKS yang beredar tidak menggunakan beberapa bentuk representasi dalam penyajiannya sehingga menyulitkan siswa dalam mempelajari suatu konsep yang bersifat abstrak.

Tujuan penggunaan LKS dalam pembelajaran sains di sekolah antara lain 53,33% untuk meningkatkan pemahaman siswa, 26,67% untuk membantu mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa, dan 6,67% untuk meningkatkan keterampilan proses siswa. Selanjutnya diketahui bahwa 45,45% LKS yang digunakan belum mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa. LKS yang tersedia juga hanya berisikan pertanyaan-pertanyaan yang sifatnya mengingat kembali konsep yang telah dipelajari (sebagai alat evaluasi). Sementara sebagai bahan ajar, LKS harus membantu siswa untuk menemukan suatu konsep dengan menyetengahkan terlebih dahulu suatu fenomena yang bersifat konkrit, sederhana, dan berkaitan dengan konsep yang akan dipelajari. LKS memuat apa yang (harus) dilakukan siswa meliputi melakukan, mengamati, dan menganalisis (Depdiknas, 2008: 42).

Deskripsi suatu konsep sains akan menjadi lebih jelas manakala konsep-konsep tersebut disajikan menggunakan beragam representasi (representasi jamak). Hakikat sains sebagai produk dalam pembelajaran memerlukan sejumlah representasi, bukan hanya verbal atau gambar, tetapi beragam representasi lain, inilah yang disebut sebagai representasi jamak (Ismet, 2013: 133). Melalui representasi jamak, suatu konsep atau proses yang sama dapat disajikan ke dalam berbagai bentuk, termasuk verbal, grafis, dan numerik secara simultan (Waldrip & Prain, 2013: 15). Dengan demikian representasi jamak dapat membantu siswa untuk membangun pemahamannya secara utuh dan mendalam (Ainsworth, 1999: 134).

Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa 45,45% guru belum menggunakan LKS yang mampu merepresentasikan suatu konsep IPA ke dalam berbagai bentuk (berbasis representasi jamak). Bentuk representasi yang ditampilkan pada LKS yang digunakan guru selama ini terdiri dari representasi verbal/kata-kata dan piktoral/gambar, sementara bentuk representasi lain seperti grafik, diagram, dan simbolik tidak ditampilkan. Sementara bagi sebagian siswa, banyak materi IPA yang dirasakan bersifat abstrak, salah satunya adalah pada tema energi. Tantangan inilah yang seharusnya menjadi perhatian guru agar materi yang bersifat abstrak tersebut dapat dijelaskan dengan pembelajaran yang lebih nyata. Sebagai salah satu upaya untuk mengatasi masalah ini adalah dengan pengembangan LKS berbasis representasi jamak, karena melalui cara ini konsep-konsep IPA dapat disajikan dengan representasi verbal, piktoral, grafik, diagram, tabel, atau persamaan matematis secara simultan, sebagaimana dijelaskan oleh Abdurrahman dkk. (2011: 32) bahwa siswa belajar lebih efektif ketika mereka mengolah informasi dengan berbagai macam cara.

Representasi jamak untuk belajar dan mengajar menjadi sesuatu yang sangat berpotensi menghasilkan proses pembelajaran yang efektif. Melalui representasi yang beragam, akan menciptakan suasana pembelajaran dengan peran aktif seluruh potensi yang dimiliki siswa, mengaktifkan kemampuan belajar (*learning ability*) siswa, baik *minds-on* maupun *hands-on* sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Abdurrahman dkk., 2011: 32). Oleh karena itu, LKS yang digunakan seharusnya mampu membantu siswa untuk dapat merepresentasikan kembali konsep yang telah dipelajari dalam berbagai

cara/bentuk yang berbeda, sesuai dengan tingkat pemahaman siswa. Hal ini disebabkan karena cara siswa untuk memahami suatu konsep berbeda antara satu dengan lainnya (NSES, 1996: 2).

Data analisis kebutuhan juga menunjukkan bahwa 81,81% guru dan siswa membutuhkan LKS berbasis representasi jamak yang dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hal tersebut didukung oleh beberapa hasil penelitian antara lain penelitian Kurnaz & Arslan (2013: 627) yang menjelaskan bahwa penggunaan representasi jamak efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa tentang energi. Selanjutnya penelitian Astuti (2013: 382) menunjukkan bahwa penggunaan bahan ajar dengan representasi jamak efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan memecahkan masalah dalam pembelajaran fisika. Penelitian Abdurrahman (2010: 199) mendeskripsikan bahwa pembelajaran fisika kuantum berbasis representasi jamak memiliki pengaruh yang signifikan pada penguasaan konsep, keterampilan generik sains, dan disposisi berpikir kritis pada mahasiswa calon guru fisika.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis telah melakukan penelitian yang berjudul “Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis Representasi Jamak untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Tema Peran Energi dalam Kehidupan”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu dibutuhkan LKS berbasis representasi jamak yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Untuk mengarahkan jalannya penelitian, maka disusunlah pertanyaan sebagai berikut.

1. Bagaimanakah validitas LKS berbasis representasi jamak yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa?
2. Bagaimanakah kepraktisan LKS berbasis representasi jamak yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa?
3. Bagaimanakah efektivitas LKS berbasis representasi jamak yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan LKS berbasis representasi jamak untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dan menjawab pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan validitas LKS berbasis representasi jamak untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa
2. Mendeskripsikan kepraktisan LKS berbasis representasi jamak untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa
3. Mendeskripsikan efektivitas LKS berbasis representasi jamak untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari LKS penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi peneliti, dapat memberikan pengetahuan, wawasan, pengalaman, dan bekal berharga bagi peneliti, terutama dalam mengembangkan LKS berbasis representasi jamak.
2. Bagi guru, dapat memberikan informasi mengenai pengembangan LKS berbasis representasi jamak dan dapat dijadikan alternatif dalam memilih bahan ajar yang berbeda.
3. Bagi siswa, dapat memberikan pengalaman belajar yang berbeda sehingga diharapkan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
4. Bagi dunia pendidikan, dapat memberikan masukan dan sumbangan pemikiran dalam upaya peningkatan kualitas proses pembelajaran IPA.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menghindari anggapan yang berbeda terhadap masalah yang akan dibahas maka peneliti membatasi ruang lingkup penelitian sebagai berikut.

1. Pengembangan adalah proses menerjemahkan spesifikasi desain ke dalam suatu wujud fisik tertentu (Seels & Rickey, 1994: 23). Pengembangan dalam penelitian ini adalah pengembangan LKS berbasis representasi jamak untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
2. LKS (*worksheet*) adalah lembar yang berisi penugasan-penugasan yang disesuaikan dengan topik serta tujuan pembelajaran dari suatu kegiatan pembelajaran yang sedang dilakukan (Nyamupangedengu & Lelliot, 2012:

- 2). Representasi jamak adalah kapasitas untuk mewakili konsep atau proses yang sama dalam berbagai bentuk (Waldrup & Prain, 2013: 15).
3. Keterampilan berpikir kritis adalah jenis pemikiran yang terlibat dalam memecahkan masalah, merumuskan kesimpulan, memperhitungkan kemungkinan, dan membuat keputusan (Halpern, 1999: 70). Indikator keterampilan berpikir kritis siswa yang diukur dalam penelitian ini meliputi: 1) memberikan penjelasan sederhana, 2) membangun keterampilan dasar, 3) membuat inferensi, 4) membuat penjelasan lebih lanjut, 5) mengatur strategi dan teknik (Ennis, 1980 dalam Tanwil & Liliyasi, 2013: 9)
4. Validitas adalah sifat benar menurut bukti yang ada, logika berpikir, atau kekuatan hukum (Dani, 2002: 666). Validitas yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi validitas isi dan validitas konstruk LKS yang dikembangkan.
5. Kepraktisan adalah kemampuan untuk memenuhi kebutuhan, keinginan dan kendala kontekstual dari kelompok sasaran (Nieveen & Akker, 1999: 77). Kepraktisan dalam penelitian ini dilihat dari aspek keterlaksanaan dan kemenarikan/respon siswa terhadap LKS yang dikembangkan.
6. Efektivitas adalah ukuran kelayakan yang mengacu pada sejauh mana pengalaman dan hasil intervensi (pembelajaran) sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan (Akker, 1999: 10). Efektivitas LKS dapat dilihat dari peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa berdasarkan perbandingan *N-gain* dan aktivitas siswa dalam pembelajaran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hakikat Sains dan Pembelajaran Sains

Sains atau IPA adalah ilmu yang mempelajari fenomena-fenomena di alam semesta. IPA memperoleh kebenaran tentang fakta dan fenomena alam melalui kegiatan empirik yang dapat diperoleh melalui eksperimen laboratorium atau alam bebas (Depdiknas, 2006: 3). Sains menurut Suyoso, dkk. (1998: 23) merupakan pengetahuan hasil kegiatan manusia yang bersifat aktif dan dinamis tiada henti-hentinya serta diperoleh melalui metode tertentu yaitu teratur, sistematis, berobjek, bermetode dan berlaku secara universal.

Sementara itu Vessel (1965: 2) mengemukakan bahwa "*science is what scientists do*". Sains adalah apa yang dikerjakan para ahli sains (saintis). Setiap penemuan setiap aspek dari lingkungan sekitar, yang menjadikan seseorang dapat mengukurnya sebaik mungkin, mengumpulkan dan menilai data dari hasil penelitiannya dengan hati-hati dan terbuka. Vessel (1965: 3) juga mengemukakan bahwa "*science is an intellectual search involving inquiry, rational thought, and generalization*". Hal itu mencakup teknik sains yang sering disebut sebagai proses sains, sedangkan hasilnya yang berupa fakta-fakta dan prinsip biasa disebut dengan produk sains. Pengertian sains

yang juga singkat tetapi bermakna adalah “*science is a way of knowing*” (Trowbridge & Bybee, 1990: 48), frase ini mengandung ide bahwa sains adalah proses yang sedang berlangsung dengan fokus pada pengembangan dan pengorganisasian pengetahuan.

Berdasarkan uraian di atas, sains adalah pengetahuan teoritis yang diperoleh dari penemuan pada setiap aspek dari lingkungan sekitar, mencakup teknik sains yang sering disebut sebagai proses sains, sedangkan hasilnya yang berupa fakta-fakta dan prinsip disebut dengan produk sains yang diperoleh melalui metode ilmiah.

Permendiknas No. 22 tahun 2006 tentang Standar Isi menyatakan bahwa Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berkaitan dengan cara mencari tahu secara inkuiri tentang alam secara sistematis, sehingga IPA bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan. Pembelajaran IPA di sekolah diharapkan dapat menjadi wahana bagi siswa untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar, serta prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya di dalam kehidupan sehari-hari. Proses pembelajaran IPA menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah.

Merujuk pada pengertian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa hakikat IPA meliputi empat unsur utama yaitu: sikap, proses, produk, dan aplikasi. (1) produk: berupa fakta, prinsip, teori, dan hukum; (2) proses: yaitu prosedur pemecahan masalah melalui metode ilmiah; metode ilmiah meliputi

pengamatan, penyusunan hipotesis, perancangan eksperimen, percobaan atau penyelidikan, pengujian hipotesis melalui eksperimentasi; evaluasi, pengukuran, dan penarikan kesimpulan; (3) aplikasi: merupakan penerapan metode atau kerja ilmiah dan konsep sains dalam kehidupan sehari-hari; (4) sikap: yang terwujud melalui rasa ingin tahu tentang obyek, fenomena alam, makhluk hidup, serta hubungan sebab akibat yang menimbulkan masalah baru namun dapat dipecahkan melalui prosedur yang benar (Depdiknas, 2006: 6).

Sains bersifat *open ended* karena selalu berkembang mengikuti pola perubahan dinamika dalam masyarakat. Keempat unsur tersebut merupakan ciri IPA yang utuh yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain (Depdiknas, 2006: 6). Sementara itu Darmodjo dan Kaligis (1993: 7) mengemukakan bahwa pembelajaran IPA di sekolah didasarkan pada hakikat IPA sendiri yaitu dari segi proses, produk, dan pengembangan sikap.

Rusman (2012: 134) mengemukakan bahwa belajar adalah proses perubahan tingkah laku individu sebagai hasil dari pengalamannya dalam berinteraksi dengan lingkungan. Salah satu ciri khusus proses pembelajaran dalam pendidikan ditandai dengan adanya aktivitas siswa sebagai syarat mutlak bagi berlangsungnya kegiatan pembelajaran (Sardiman, 2007: 15). Pembelajaran sains merupakan integrasi antara proses inkuiri dan pengetahuan, merupakan proses konstruksi pengetahuan melalui aktivitas berpikir, mengembangkan keterampilan menjelajah lingkungan dan memecahkan masalah, menjadi wahana bagi siswa untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar, melakukan eksperimen untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi, serta

prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya di dalam kehidupan sehari-hari (Trianto, 2011: 53).

Pembelajaran sains hendaknya memberi kesempatan siswa untuk mengembangkan keterampilan dalam mengidentifikasi masalah sosial yang mempunyai dasar sains (Sumaji dkk., 1998: 35). Menurut Rusman (2012: 323) pembelajaran akan lebih bermakna jika siswa diberi kesempatan untuk berpartisipasi dalam berbagai aktivitas kegiatan pembelajaran, sehingga siswa mampu mengaktualisasikan kemampuannya di dalam dan di luar kelas. Hal ini sesuai dengan pendapat Hamalik (2004: 171) bahwa pengajaran yang efektif adalah pengajaran yang menyediakan kesempatan belajar sendiri atau melakukan aktivitas sendiri. Siswa belajar sambil bekerja, dengan bekerja mereka memperoleh pengetahuan, pemahaman, dan aspek-aspek tingkah laku lainnya, serta mengembangkan keterampilan yang bermakna untuk hidup di masyarakat.

Sanjaya (2008: 1) mengemukakan bahwa salah satu masalah yang dihadapi dunia pendidikan adalah masih lemahnya proses pembelajaran, karena dalam proses pembelajaran anak kurang didorong untuk mengembangkan kemampuan berpikir. Guru lebih mendominasi proses pembelajaran di kelas, akibatnya siswa hanya menerima informasi yang diberikan guru secara pasif. Sanjaya (2008: 133) juga menyatakan bahwa dalam standar proses pendidikan, pembelajaran didesain untuk membelajarkan siswa. Artinya sistem pembelajaran menempatkan siswa sebagai subjek belajar. Belajar bukanlah menghafal sejumlah fakta atau informasi. Belajar adalah berbuat;

memperoleh pengalaman tertentu sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Oleh karena itu, proses pembelajaran sains harus dapat mendorong aktivitas siswa.

Sains dapat membantu anak-anak untuk berpikir dengan cara yang logis tentang kejadian sehari-hari dan memecahkan masalah sederhana. Sains dan aplikasi teknologi juga dapat membantu untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat (Harlen, 2008: 7). Oleh karena itu, guru sains diminta untuk mengatur pelajarannya sedemikian rupa agar siswa melalui metode penemuan memperoleh konsep yang berguna dan mengarah ke generalisasi yang bermakna (Young, 1983: 13).

B. Bahan Ajar

Menurut Depdiknas (2008: 7) bahan ajar adalah seperangkat materi yang disusun secara sistematis sehingga tercipta lingkungan atau suasana yang memungkinkan siswa untuk belajar. Bahan ajar memungkinkan siswa dapat mempelajari suatu kompetensi secara runtut dan sistematis sehingga dapat menguasai suatu kompetensi secara utuh. Semua bahan yang digunakan untuk mendukung proses belajar disebut sebagai bahan ajar (*teaching material*).

Sementara itu, Amri dan Ahmadi (2010: 159) mengemukakan bahwa bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas. Bahan yang dimaksud berupa tertulis maupun tidak tertulis.

Menurut (Depdiknas, 2008: 6) bahan ajar berfungsi sebagai pedoman bagi guru dan siswa yang akan mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses

pembelajaran, sekaligus merupakan substansi kompetensi yang seharusnya diajarkan/dipelajari oleh siswa. Selain itu bahan ajar juga berfungsi sebagai alat evaluasi pencapaian/penguasaan hasil pembelajaran. Terdapat sejumlah manfaat yang dapat diperoleh dari pengembangan bahan ajar menurut Depdiknas (2008: 9) yaitu:

- 1) diperoleh bahan ajar yang sesuai tuntutan kurikulum dan sesuai dengan kebutuhan belajar siswa;
- 2) tidak lagi tergantung kepada buku teks yang terkadang sulit untuk diperoleh;
- 3) bahan ajar menjadi lebih kaya karena dikembangkan dengan menggunakan berbagai referensi;
- 4) menambah khasanah pengetahuan dan pengalaman dalam pengembangan bahan ajar;
- 5) bahan ajar akan mampu membangun komunikasi pembelajaran yang efektif antara guru dengan siswa.

Hal ini didukung oleh pendapat Amri dan Ahmadi (2010: 159) bahwa bahan ajar disusun dengan tujuan:

1. menyediakan bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan kurikulum dengan mempertimbangkan kebutuhan siswa, yakni bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik dan setting atau lingkungan sosial siswa;
2. membantu siswa dalam memperoleh alternatif bahan ajar disamping buku-buku teks yang terkadang sulit diperoleh;
3. mempermudah guru dalam melaksanakan pembelajaran.

Berdasarkan teknologi yang digunakan, bahan ajar dapat dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu bahan cetak (*printed*) seperti antara lain *handout*, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, *leaflet*, *wallchart*, foto/gambar, model/maket. Bahan ajar dengar (*audio*) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan *compact disk audio*. Bahan ajar pandang dengar (*audio visual*) seperti *video compact disk*, *film*. Bahan ajar multimedia interaktif (*interactive teaching material*) seperti CAI (*Computer Assisted Instruction*),

compact disk (CD) multimedia pembelajaran interaktif, dan bahan ajar berbasis web (*web based learning materials*) (Depdiknas, 2008: 13).

Bahan pelajaran merupakan komponen yang tidak bisa diabaikan dalam pengajaran, sebab bahan ajar adalah inti dalam kegiatan belajar mengajar yang diupayakan untuk dikuasai oleh siswa (Djamarah 2005: 18). Oleh karena itu menurut Harjanto (2006: 172) dalam memberikan bahan ajar hendaknya sesuai dengan kemampuan siswa agar tujuan pembelajaran tercapai.

Depdiknas (2008: 4) juga mengemukakan bahwa bahan ajar dapat dikembangkan dalam berbagai bentuk yang disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik materi yang akan disajikan. Pada pendidikan menengah umum, di samping buku-buku teks, juga dikenalkan adanya lembar-lembar pembelajaran (*instructional sheet*) dengan nama yang bermacam-macam, antara lain: lembar tugas (*job sheet*), lembar informasi (*information sheet*), atau lembar kerja (*work sheet*).

Suyanto, dkk. (2011: 2) mengungkapkan bahwa Lembar Kerja Siswa (LKS) merupakan lembaran tempat siswa mengerjakan sesuatu terkait dengan apa yang sedang dipelajarinya dalam proses pembelajaran. LKS juga merupakan bagian dari enam perangkat pembelajaran yang dikembangkan para guru di negara maju, seperti Amerika Serikat; dimana untuk IPA disebut *science pack*. Keenam perangkat pembelajaran tersebut adalah (1) *syllabi* (silabi), (2) *lesson plan* (RPP), (3) *hand out* (bahan ajar), (4) *student worksheet* atau Lembar Kerja Siswa (LKS), (5) media (*minimal powerpoint*), dan (6) *evaluation sheet* (lembar penilaian). Dahar (1986: 29) mengungkapkan bahwa Lembar Kerja

Siswa adalah lembar kerja yang berisikan informasi dan instruksi dari guru kepada siswa agar siswa dapat mengerjakan sendiri suatu aktivitas belajar, melalui praktik atau penerapan hasil belajar untuk mencapai tujuan instruksional.

Berdasarkan uraian tersebut, maka LKS harus memuat sekumpulan kegiatan yang harus dilakukan oleh siswa untuk memaksimalkan pemahaman dalam upaya pembentukan kemampuan dasar yang harus ditempuh. Hal ini dikarenakan LKS sebagai bahan ajar merupakan implementasi dari perencanaan proses pembelajaran yang telah disusun sebelumnya, sehingga pembuatan LKS menekankan pada pencapaian proses dan hasil pembelajaran yang telah ditentukan.

Menurut Prastowo (2011: 204), Lembar Kerja Siswa (LKS) merupakan suatu bahan ajar cetak berupa lembar-lembar kertas yang berisi materi, ringkasan, dan petunjuk-petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang harus dikerjakan oleh siswa, yang mengacu pada kompetensi dasar yang harus dicapai.

Sementara itu, menurut Trianto (2011: 222) lembar kerja siswa adalah panduan siswa yang digunakan untuk melakukan kegiatan penyelidikan atau pemecahan masalah. Lembar kerja siswa dapat berupa panduan untuk latihan pengembangan aspek kognitif maupun panduan untuk pengembangan semua aspek pembelajaran dalam bentuk panduan eksperimen atau demonstrasi.

LKS merupakan bahan ajar berbentuk cetak yang harus dikembangkan oleh guru untuk digunakan dalam proses pembelajaran. LKS sebagai bahan ajar bertujuan untuk mempermudah siswa melakukan proses-proses belajar,

sehingga dalam kegiatan pembelajaran siswa tidak hanya mendengarkan penjelasan guru tetapi melakukan suatu kegiatan seperti melakukan percobaan, mengidentifikasi bagian-bagian, membuat tabel, melakukan pengamatan, menggunakan mikroskop atau alat pengamatan lainnya dan menuliskan atau menggambar hasil pengamatannya, melakukan pengukuran dan mencatat data hasil pengukurannya, menganalisis data hasil pengukuran, dan menarik kesimpulan. Selain itu, penggunaan LKS juga membantu siswa dalam memperoleh alternatif bahan ajar di samping buku buku teks yang terkadang sulit diperoleh dan memudahkan guru dalam melaksanakan pembelajaran (Depdiknas, 2008: 7).

Menurut Prastowo (2011: 206), LKS memiliki setidaknya empat fungsi dalam kegiatan pembelajaran sebagai berikut: (1) sebagai bahan ajar yang bisa meminimalkan peran pendidik namun lebih mengaktifkan siswa, (2) sebagai bahan ajar yang mempermudah siswa untuk memahami materi yang diberikan, (3) sebagai bahan ajar yang ringkas dan kaya akan tugas untuk berlatih, (4) memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada siswa.

Redfield (1981: 5), menyatakan bahwa LKS (*worksheet*) dapat digunakan untuk meningkatkan proses berpikir pada berbagai tingkatan dalam pengukuran semantik (seperti kemampuan berbahasa dan menyusun kata-kata).

Tujuan dari penyusunan LKS oleh Prastowo (2011: 206) yaitu: (1) menyajikan bahan ajar yang memudahkan siswa untuk berinteraksi dengan materi yang diberikan, (2) menyajikan tugas-tugas yang meningkatkan penguasaan siswa

terhadap materi yang diberikan, (3) melatih kemandirian belajar siswa, (4) memudahkan pendidik dalam memberikan tugas kepada siswa. Kegunaan LKS bagi kegiatan pembelajaran adalah melalui LKS dapat memberikan kesempatan untuk memancing siswa agar secara aktif terlibat dengan materi yang dibahas. Nyamupangedu & Lelliot (2012: 1) menyatakan bahwa LKS dapat digunakan sebagai penunjang kegiatan belajar, terutama dalam kegiatan observasi lingkungan.

Menurut Redfield (1981: 3), komponen penyusun utama dari suatu LKS adalah pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dalam bentuk kalimat tanya yang digunakan untuk meningkatkan proses berpikir, sedangkan menurut Nyamupangedu & Lelliot (2012: 2) LKS berisi penugasan-penugasan yang disesuaikan dengan topik serta tujuan pembelajaran dari suatu kegiatan pembelajaran yang sedang dilakukan. Majid (2009: 176) juga menjelaskan bahwa LKS atau Lembar Kerja Siswa adalah lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan oleh siswa. Lembar kerja ini biasanya berupa petunjuk, langkah-langkah untuk menyelesaikan suatu tugas. LKS bertujuan untuk menuntun siswa melakukan kegiatan aktif selama proses pembelajaran.

Manfaat yang diperoleh melalui penggunaan LKS bagi kegiatan pembelajaran menurut Prastowo (2011: 208) antara lain: (1) mengaktifkan siswa dalam proses pembelajaran, (2) membantu siswa dalam mengembangkan konsep, (3) melatih siswa dalam menemukan dan mengembangkan keterampilan proses, (4) melatih siswa untuk memecahkan masalah dan berpikir kritis, (5) sebagai pedoman guru dan siswa dalam melaksanakan proses pembelajaran, (6)

membantu siswa memperoleh catatan tentang materi yang dipelajari melalui kegiatan belajar, dan (7) membantu siswa menambah informasi tentang konsep yang dipelajari melalui kegiatan belajar secara sistematis.

Kementerian Pendidikan Nasional dalam Prastowo (2011: 208) menyatakan bahwa LKS memiliki delapan unsur meliputi: (1) judul, (2) petunjuk belajar, (3) kompetensi dasar atau materi pokok, (4) waktu penyelesaian, (5) peralatan dan bahan, (6) informasi singkat tentang langkah kerja, (7) tugas yang harus dilaksanakan, (8) laporan yang harus dikerjakan, namun demikian hanya enam unsur pokok dalam suatu LKS yang wajib ada yaitu: (1) judul, (2) petunjuk belajar, (3) kompetensi dasar atau materi pokok, (4) informasi pendukung, (5) tugas atau langkah kerja, dan (6) penilaian.

Prastowo (2011: 208), kemudian merinci bahwa yang dimaksud dengan 6 unsur pokok dalam suatu LKS antara lain: (1) judul merupakan *caption* atau topik berupa beberapa frase yang mencerminkan garis besar dari apa yang akan dipelajari, (2) petunjuk belajar penjelasan mengenai bagaimana siswa mempelajari materi yang diajarkan dalam LKS, (3) kompetensi dasar adalah kompetensi yang akan dicapai oleh siswa, (4) informasi pendukung adalah berbagai informasi tambahan yang digunakan untuk mempermudah siswa dalam memahami materi, (5) tugas atau langkah kerja yaitu beberapa langkah prosedural yang harus dilakukan siswa dalam mempelajari materi tersebut, (6) penilaian adalah sejumlah pertanyaan yang digunakan untuk mengetahui tingkat penguasaan siswa terhadap materi.

LKS secara garis besar terbagi menjadi dua jenis yaitu LKS terstruktur dan LKS yang tidak terstruktur. LKS tak terstruktur berisi sedikit informasi atau petunjuk yang mengarah pada materi, sedangkan LKS terstruktur dilengkapi dengan petunjuk dan pengarah (Zulfa, 2009). Sementara itu, Prastowo (2011: 209-211) membagi LKS yang ada ke dalam 5 jenis berdasarkan perbedaan maksud dan tujuan pengemasan materi pada masing-masing LKS. Kelima jenis LKS tersebut ialah: (1) LKS yang membantu siswa menemukan suatu konsep, (2) LKS yang membantu siswa untuk menerapkan dan mengintegrasikan berbagai konsep yang telah ditemukan, (3) LKS yang berfungsi sebagai penuntun belajar, (4) LKS yang berfungsi sebagai penguat, dan (5) LKS yang berfungsi sebagai petunjuk praktikum dan penuntun kegiatan observasi.

Terdapat empat tahap penyusunan sebuah LKS dimana tiga tahapan diantaranya yaitu (1) analisis kurikulum, (2) penyusunan peta kebutuhan LKS dan (3) menentukan judul-judul LKS, merupakan tahap perencanaan awal, sedangkan tahap terakhirnya adalah penulisan LKS itu sendiri. Adapun langkah-langkah aplikatif dalam penulisan LKS meliputi (1) perumusan kompetensi dasar, (2) menentukan alat penilaian, (3) menyusun materi, dan (4) memperhatikan struktur LKS yaitu enam unsur pokok dari LKS. Batasan umum yang sering digunakan dalam mendesain LKS adalah (1) Ukuran LKS, (2) Kepadatan halaman LKS, (3) Penomoran materi atau sub judul atau kegiatan- kegiatan dalam LKS, (4) Kejelasan materi dan instruksi dalam LKS. Pada tahapan pengembangan LKS, diterangkan empat langkah pengembangan yaitu: (1) penentuan tujuan belajar, (2) pengumpulan materi, (3) penyusunan

enam unsur pokok, serta (4) pemeriksaan dan penyempurnaan (Prastowo, 2011: 211-215).

Darmodjo & Kaligis (1993: 40) menyatakan bahwa guru memperoleh banyak manfaat dari penggunaan LKS antara lain memudahkan guru dalam pengelolaan kelas terutama dalam mengubah suasana belajar yang berpusat pada guru menjadi berpusat pada siswa. Manfaat lain yaitu memudahkan guru dalam mengarahkan siswanya untuk menemukan konsep sendiri. Menurut Suyanto, dkk. (2011: 7) dalam penyusunan LKS harus memperhatikan langkah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis kurikulum; standar kompetensi, kompetensi dasar, indikator, dan materi pembelajaran, serta alokasi waktu;
2. Menganalisis silabus dan memilih alternatif kegiatan belajar yang paling sesuai dengan hasil analisis SK, KD, dan indikator;
3. Menganalisis RPP dan menentukan langkah-langkah kegiatan belajar;
4. Menyusun LKS sesuai dengan kegiatan eksplorasi dalam RPP.

Kelebihan LKS diungkapkan menurut Trianto (2011: 212), LKS untuk mengaktifkan siswa dalam kegiatan pembelajaran, membantu siswa menemukan dan mengembangkan konsep, melatih siswa menemukan konsep, menjadi alternatif cara penyajian materi pelajaran yang menekankan keaktifan siswa, serta dapat memotivasi siswa. Manfaat LKS bisa dirasakan oleh guru dan siswa. Bagi guru LKS memudahkannya dalam melaksanakan pembelajaran, menjadi pedoman dalam mengarahkan aktivitas pembelajaran, menambah pengetahuan dan pengalaman pendidik dalam menulis, serta menjadi tantangan bagi guru untuk menyiapkan bahan ajar yang inovatif,

memahami tugas-tugas tertulis, dan membangun komunikasi efektif antara guru dan siswa.

Menurut Kaymakci (2012: 57), LKS merupakan salah satu bahan ajar yang berperan penting dengan memberikan berbagai penugasan yang relevan dengan materi yang diajarkan, sehingga penggunaannya dapat membantu untuk mencapai tujuan pembelajaran. Nyamupangedengu & Lelliot (2012: 12) mengemukakan bahwa LKS bertindak sebagai bentuk '*hard scaffolding*' untuk siswa dan guru, yang membimbing mereka dalam melakukan proses pembelajaran. Penggunaan LKS terutama ditentukan oleh instruksi yang diberikan oleh guru dan instruksi yang terdapat pada format LKS itu sendiri.

Keberadaan LKS memberi pengaruh yang cukup besar dalam proses pembelajaran, sehingga penyusunan LKS harus memenuhi berbagai persyaratan yaitu syarat didaktik, syarat konstruksi, dan syarat teknik (Darmodjo & Kaligis, 1993: 40).

1) Syarat didaktik

Syarat ini mengatur tentang penggunaan LKS yang bersifat universal, yaitu dapat digunakan dengan baik untuk siswa yang lamban atau yang pandai. LKS lebih menekankan pada proses untuk menemukan konsep, dan yang terpenting dalam LKS ada variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan siswa. LKS diharapkan mengutamakan pengembangan kemampuan komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika. Pengalaman belajar yang dialami siswa ditentukan oleh pengembangan pribadi siswa. Syarat-syarat didaktik mengharuskan LKS mampu

mengikuti asas-asas belajar mengajar yang efektif. Syarat-syarat didaktik tersebut yaitu:

- a. memperhatikan adanya perbedaan individual;
- b. LKS berfungsi sebagai petunjuk jalan bagi siswa untuk mencari tahu bukan sebagai alat untuk memberi tahu dan bukan ditekankan pada materi;
- c. memberikan kesempatan siswa untuk menulis, menggambar, berdialog dengan temannya, menggunakan alat, menyentuh benda nyata dan sebagainya;
- d. dapat mengembangkan kemampuan komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika pada diri siswa;
- e. pengalaman belajar ditentukan oleh tujuan pengembangan pribadi siswa (intelektual, emosional, dan sebagainya) dan bukan ditentukan oleh materi bahan pelajaran (Darmodjo & Kaligis, 1993: 41-42).

2) Syarat konstruksi

Syarat ini berhubungan dengan penggunaan bahasa, susunan kalimat, kosa kata, tingkat kesukaran, dan kejelasan agar dimengerti oleh siswa.

Syarat-syarat konstruksi tersebut yaitu:

- a. menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat kedewasaan siswa;
- b. menggunakan struktur kalimat yang jelas;
- c. memiliki tata urutan pelajaran yang sesuai dengan tingkat kemampuan siswa;
- d. menghindarkan pertanyaan yang terlalu terbuka;
- e. tidak mengacu pada buku sumber yang di luar kemampuan keterbacaan siswa;
- f. menyediakan ruangan yang cukup untuk memberi keleluasaan pada siswa untuk menulis maupun menggambarkan pada LKS;
- g. menggunakan kalimat yang sederhana dan pendek;
- h. menggunakan lebih banyak ilustrasi daripada kata-kata;
- i. dapat digunakan oleh anak-anak, baik yang lamban maupun yang cepat;
- j. memiliki tujuan belajar yang jelas serta bermanfaat sebagai sumber informasi;
- k. mempunyai identitas untuk memudahkan administrasinya (Darmodjo & Kaligis, 1993: 43-44).

3) Syarat teknis menekankan penyajian LKS, yaitu berupa tulisan, gambar dan penampilannya dalam LKS.

a. Tulisan

- (1) menggunakan huruf cetak dan tidak menggunakan huruf latin atau romawi;
- (2) menggunakan huruf tebal yang agak besar untuk topik;
- (3) menggunakan kalimat pendek, tidak lebih dari 10 kata dalam satu baris;
- (4) menggunakan bingkai untuk membedakan kalimat perintah dengan jawaban siswa;
- (5) mengusahakan agar perbandingan besarnya huruf dengan besarnya gambar serasi.

b. Gambar

Gambar yang baik untuk LKS adalah gambar yang dapat menyampaikan pesan/isi dari gambar tersebut secara efektif kepada pengguna LKS.

c. Penampilan

Penampilan adalah hal yang sangat penting dalam mendesain sebuah LKS (Darmodjo & Kaligis, 1993: 45-46).

C. Representasi Jamak

Representasi adalah sesuatu yang melambangkan objek dan/ proses tertentu (Rosengrant *et al.*, 2007: 1). Menurut Goldin & Shteingold (2001: 3) representasi adalah sebuah tanda atau konfigurasi tanda-tanda, karakter, atau objek. Hal yang penting ialah representasi dapat digunakan untuk (melambangkan, menggambarkan, mengkodekan, atau mewakili) sesuatu selain dirinya sendiri. Oleh karena itu sebuah representasi tidak dapat berdiri sendiri, misalnya sebuah angka atau grafik tertentu tidak akan memiliki arti jika terpisah dari sistem dimana ia berasal. Scaife & Rogers (1996: 190) mengemukakan bahwa istilah "representasi" memiliki berbagai arti yang berbeda, tergantung pada konteksnya. Perbedaan umumnya adalah antara representasi sebagai proses, dan representasi sebagai produk/hasil dari proses.

Representasi dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok, yaitu representasi internal dan eksternal (Hwang *et al.*, 2007: 192). Menurut Zhang (1997: 180) representasi internal adalah pengetahuan dan struktur yang terdapat di dalam memori/pikiran individu, sebagai proposisi, produksi, skema, jaringan saraf, atau bentuk lainnya. Sebaliknya, representasi eksternal didefinisikan sebagai pengetahuan dan struktur yang terdapat di lingkungan, sebagai simbol fisik, benda, atau dimensi (misalnya, simbol tertulis, dimensi grafik, dan lain-lain), dan sebagai aturan eksternal atau hubungan yang tertanam dalam konfigurasi fisik (misalnya, hubungan spasial dari angka tertulis, rancangan visual dan spasial dari diagram, dan lain-lain). Informasi dalam representasi internal harus diambil dari memori melalui proses kognitif, meskipun isyarat dari representasi eksternal terkadang dapat memicu proses pengambilan tersebut.

Selanjutnya Goldin & Shteingold (2001: 5) menjelaskan bahwa sistem representasi kognitif internal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

- (a) verbal/sistem representasi sintaksis, yang menggambarkan kemampuan bahasa alami individu-kosakata matematis maupun nonmatematis dan penggunaan tata bahasa serta sintaks,
- (b) imagistik, merupakan sistem representasi yang mencakup konfigurasi kognitif visual dan spasial, atau "gambaran mental",
- (c) notasi formal, misalnya siswa memanipulasi angka, melakukan operasi aritmatika, atau memvisualisasikan langkah-langkah simbolik dalam memecahkan persamaan aljabar di dalam mentalnya,
- (d) strategis dan heuristik, merupakan proses untuk memecahkan masalah yang direpresentasikan seperti mengembangkan dan mengorganisasikan metode seperti "*trial and error*", "membangun sub tujuan", atau "bekerja mundur",
- (e)

afektif, merupakan sistem representasi yang mencakup perubahan emosi siswa, sikap, keyakinan, dan nilai-nilai tentang diri mereka sendiri.

Representasi eksternal dapat berupa suatu urutan kata-kata yang digunakan untuk menggambarkan representasi internal, dapat juga berupa gambar atau daftar informasi yang menangkap unsur tertentu dari representasi internal (Bodner and Domin, 2000: 26). Zhang & Norman (1994: 29-30)

mengemukakan sifat-sifat dari representasi eksternal antara lain: (1) dapat memberikan bantuan memori, (2) dapat memberikan informasi yang bisa langsung diketahui dan digunakan tanpa ditafsirkan dan dirumuskan secara eksplisit, (3) dapat menempatkan dan menyusun perilaku kognitif, (4) mengubah sifat suatu tugas, (5) merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem representasional dari setiap tugas kognitif.

Ada banyak cara untuk mengklasifikasikan representasi eksternal. Umumnya representasi dibedakan dalam hal fitur seperti modalitas mereka (teks atau gambar), abstraksi (misalnya ikon atau simbol), sumber sensorik (auditori atau visual), dimensi (yaitu 2D atau 3D) atau dinamisme (statis atau dinamis) (Ainsworth & Labeke, 2004: 243). Sementara itu, Chin (2007) mengacu pada berbagai bentuk representasi yang mungkin dalam setiap mode, yaitu: 1) verbal/linguistik (mencakup lisan/perkataan dan tulisan/teks cetak), 2) visual/grafis (meliputi lukisan dan gambar: statis (misalnya diagram, angka, gambar, tabel, grafik, bagan, peta konsep, foto, lukisan, model fisik), dinamis (misalnya simulasi berbasis komputer, animasi, video), 3) simbolik: numerik (angka, persamaan matematika, rumus, perhitungan) dan lain-lain (misalnya

rumus kimia), 4) gestural (melibatkan gerakan tangan dan lengan), serta 5) aksional (bermain peran, drama, eksperimen fisik).

Bentuk-bentuk representasi visual dan aksional memungkinkan ekspresi dari berbagai macam makna yang sulit atau tidak mungkin dibuat dalam bentuk lisan atau tulisan (Kress *et al.*, 2001: 27). Menurut Chin (2007) terdapat beberapa jenis gambar dengan masing-masing memiliki fungsi yang berbeda. Gambar narasi dapat menggambarkan prosedur percobaan atau proses alam. Garis dan panah dapat digunakan untuk mewakili proses konversi, yang dapat linear (misalnya rantai makanan) atau siklik (misalnya siklus air, siklus nitrogen). Gambar analitis menunjukkan seluruh/sebagian hubungan seperti bagian-bagian tubuh belalang atau struktur dari sel tanaman. Garis waktu menunjukkan urutan dimana peristiwa terjadi dari waktu ke waktu, seperti garis waktu dari kehidupan di bumi. Gambar simbolik termasuk tanda radioaktif yang digunakan untuk menandakan bahan kimia radioaktif

Demikian juga halnya dengan diagram, pengorganisasi grafis juga memiliki fungsi yang berbeda, misalnya untuk membandingkan dan mengkontraskan; mengklasifikasikan, mengkategorikan, dan menunjukkan hubungan hierarkis; meringkas informasi; menunjukkan hubungan antara konsep-konsep; atau menunjukkan urutan prosedur (Chin, 2007). Representasi grafis dibandingkan dengan deskripsi verbal mendorong siswa untuk menyediakan elemen kunci dari representasi visual dalam materi pembelajaran (Goldman, 2003: 242). Grafik memungkinkan kita untuk melihat pola kuantitatif, tren, kovariat, dan hubungan konseptual menjadi lebih mudah daripada teks verbal (Chin, 2007).

Melalui grafik, siswa dapat menyadari unsur-unsur representasi di mana informasi konten yang spesifik dapat dipetakan (Stern *et al.*, 2003: 202).

Diagram adalah representasi eksternal yang membantu siswa membangun representasi internal dari suatu fenomena (Schonborn *et al.*, 2001: 53).

Diagram merupakan representasi yang baik karena pengindeksan informasi dapat mendukung proses komputasi yang sangat berguna dan efisien (Larkin & Simon, 1987: 99). Terdapat berbagai jenis diagram yang berbeda, misalnya peta, diagram aliran /siklus dan diagram geometris (Cheng *et al.*, 1999: 8).

Berbeda dari grafik, diagram lebih merepresentasikan kualitas daripada kuantitas (Eilam & Poyas, 2010: 2339). Sejak komputer dapat membuat konstruksi dan modifikasi grafik dan diagram dengan begitu mudah, telah terjadi peningkatan tajam dari frekuensi penggunaan kedua bentuk representasi tersebut (Stern *et al.* 2003: 192). Davenport *et al.* (2008: 191) telah mengembangkan kerangka dari tiga faktor yang mempengaruhi efektivitas diagram dalam situasi belajar tertentu, yaitu tujuan belajar, desain representasi visual dan pengolahan kognitif oleh siswa.

Terdapat beberapa ketertarikan dalam penggunaan gerakan/gestur dalam proses belajar mengajar sains dalam beberapa tahun terakhir (Scherr, 2008: 1).

Gestur merupakan ekspresi dari struktur kognitif yang mendasarinya dan digunakan untuk memperagakan maksud/tujuan (Givry & Roth, 2006: 5).

Selama pembelajaran, gestur adalah sumber daya yang penting bagi penyaji untuk mengatur penyelarasan bicara dan representasi visual (Roth *et al.*, 2005: 113). Gestur dapat diklasifikasikan menjadi ketukan (*beat*), deiksis (*deictic*),

ikon (*iconic*), dan gerakan metaforis (*metaphoric gesture*) (McNeill, 1992: 76). Kata-kata, gambar, dan gestur merepresentasikan struktur yang sama dengan cara yang berbeda dan semua terhubung dalam unit makna yang sama untuk mengkomunikasikan konsep ilmiah kepada siswa selama pembelajaran (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2013: 45). Oleh karena itu gestur dapat digunakan untuk menghubungkan representasi eksternal dan internal Srivastava & Ramadas (2013: 314).

Representasi eksternal dimiliki oleh lingkungan; dan representasi internal adalah yang dimiliki organisme (Zhang & Patel, 2006: 338). Representasi eksternal (seperti teks dan ilustrasi) tidak dapat diterjemahkan secara otomatis ke representasi internal (seperti verbal dan visual), karena proses penerjemahan tersebut bergantung pada pengolahan kognitif internal yang memiliki keterbatasan memori kerja (Mayer, 2003: 134). Ketika seseorang memecahkan masalah, mereka menggunakan baik representasi internal yang disimpan dalam otak, maupun representasi eksternal, yang dicatat di atas kertas, di papan tulis, atau pada beberapa media lainnya (Larkin & Simon, 1987: 66).

Deskripsi suatu konsep dalam pembelajaran IPA akan menjadi lebih jelas manakala konsep-konsep tersebut disajikan dengan menggunakan beragam representasi (representasi jamak) (Ismet, 2013: 133). Hal ini dikarenakan informasi spesifik dapat disampaikan dengan baik dalam representasi tertentu, beberapa representasi dapat lebih berguna dalam menampilkan berbagai informasi (De Jong *et al.*, 1998: 32). Alasan lain menggunakan lebih dari satu

representasi didasarkan pada asumsi bahwa urutan tertentu dari penggunaan representasi pada materi pembelajaran bermanfaat bagi proses pembelajaran (De Jong *et al.*, 1998: 33). Menurut Morrison & Watson (2010: 1), representasi jamak adalah penyajian beberapa bentuk representasi yang memfasilitasi pemahaman mendalam mengenai suatu konten dan berpotensi meningkatkan kemampuan siswa untuk mentransfer pengetahuan pada situasi tertentu.

Representasi jamak mengacu pada kapasitas untuk mewakili konsep atau proses yang sama dalam berbagai bentuk, termasuk verbal, grafis dan numerik (Waldrip & Prain, 2013: 15). Dengan demikian pembelajaran dapat dikatakan berbasis representasi jamak jika dua atau lebih representasi digunakan untuk mewakili suatu objek atau proses (Meij, 2007: 13). Representasi jamak dapat memberikan manfaat yang unik ketika seseorang belajar ide-ide baru yang kompleks (Ainsworth, 2006: 1). Hal ini dikarenakan jenis representasi yang berbeda dapat digunakan untuk tujuan yang berbeda (Waldrip *et al.*, 2006: 1844). Sebagaimana dijelaskan oleh Meij (2007: 8) bahwa teks dan gambar adalah representasi yang baik untuk menyajikan konteks masalah. Diagram sangat cocok untuk menyajikan informasi kualitatif. Sementara grafik, rumus dan angka dapat digunakan untuk menampilkan informasi kuantitatif.

Terdapat 3 fungsi utama representasi jamak dalam pembelajaran, yaitu sebagai pelengkap informasi dan proses kognitif, pembatas interpretasi, serta pembangun pemahaman yang lebih mendalam (Ainsworth, 1999: 134).

Pertama, representasi jamak cenderung digunakan untuk memberikan

informasi pelengkap ketika representasi tunggal tidak cukup untuk memuat semua informasi tentang suatu domain atau jika terlalu rumit bagi siswa untuk menafsirkannya (Ainsworth & Labeke, 2008: 2). Jika semua informasi ini harus dimasukkan dalam representasi tunggal, maka hal ini berarti bahwa informasi itu direpresentasikan dalam cara yang tidak sesuai untuk bentuk tersebut. Representasi jamak dalam hal ini memungkinkan informasi yang berbeda direpresentasikan dalam cara-cara yang paling sesuai dengan kebutuhan siswa (Ainsworth, 2008: 5).

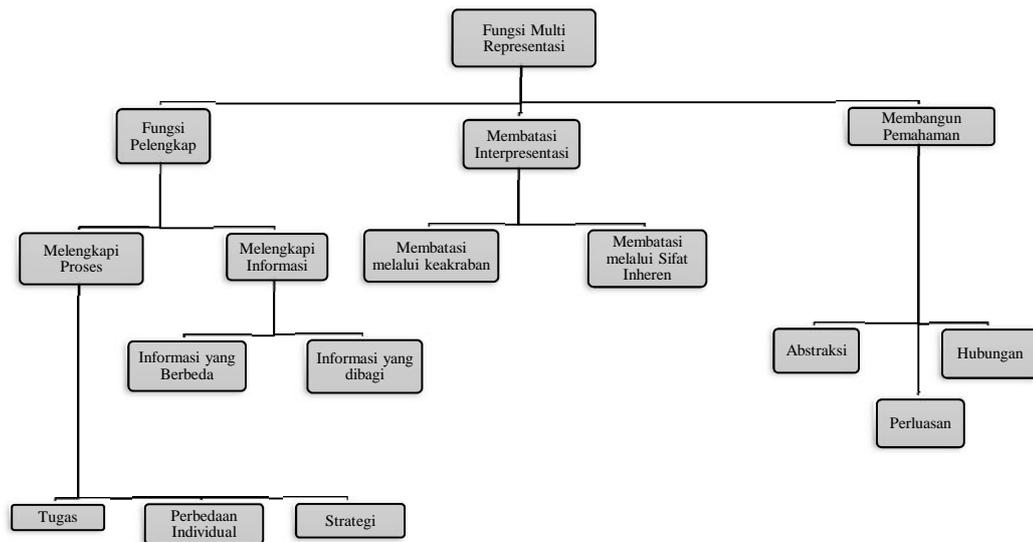
Fungsi kedua dari penggunaan representasi jamak adalah untuk membantu siswa mengembangkan pemahaman yang lebih baik dari sebuah domain dibandingkan menggunakan satu representasi untuk membatasi interpretasi mereka dari representasi kedua. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan representasi yang familiar untuk mendukung interpretasi yang kurang familiar. Sebagai contoh, representasi konkret familiar seperti animasi sederhana yang sering digunakan dalam simulasi untuk mendukung interpretasi dari representasi kompleks dan tidak familiar seperti grafik (Ainsworth & Labeke, 2004: 248). Contoh lainnya adalah representasi grafik dapat digunakan untuk membatasi interpretasi persamaan. Jadi, ketika dua representasi ini disajikan bersama-sama, interpretasi representasi pertama (yang ambigu) dapat dibatasi oleh representasi kedua (yang lebih spesifik) (Ainsworth & Labeke, 2008: 3).

Cara kedua untuk membatasi interpretasi adalah dengan mengandalkan sifat yang melekat pada satu representasi untuk membantu siswa mengembangkan interpretasi yang dimaksudkan dari representasi kedua (Ainsworth, 2008: 6).

Fungsi sebagai pembatas dapat dicapai dengan mengambil keuntungan dari sifat melekat pada representasi. Misalnya ketika representasi tekstual dan grafis disajikan bersama-sama, interpretasi dari representasi tekstual (ambigu) dapat dibatasi oleh representasi grafis (spesifik). Sebagai akibatnya, representasi dapat membantu dalam menafsirkan hal lain ketika sifat yang melekat membuat sesuatu yang eksplisit hanya tersirat dalam representasi lain (Ainsworth & Labeke, 2004: 248). Simulasi lingkungan sering menyediakan suatu representasi konkret yang familiar untuk membantu siswa menafsirkan representasi yang kurang familiar atau abstrak (Ainsworth *et al.*, 2002: 27).

Fungsi ketiga, representasi jamak dapat mendukung pembangunan pemahaman yang lebih dalam ketika siswa mengintegrasikan informasi dari representasi jamak untuk memperoleh pengetahuan yang akan sulit diperoleh jika hanya menggunakan representasi tunggal. 'Pemahaman yang lebih dalam' dianggap sebagai abstraksi, ekstensi atau pemahaman relasional. Abstraksi adalah proses dimana siswa membuat objek mental yang berfungsi sebagai dasar untuk prosedur baru dan konsep pada tingkat yang lebih tinggi dari pengorganisasian (Ainsworth & Labeke, 2008: 3).

Ketiga fungsi tersebut dapat dibagi menjadi bagian-bagian lebih rinci, seperti pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Fungsi representasi jamak (Ainsworth, 1999: 134)

D. Representasi Jamak dalam Pembelajaran Sains

Jika berfokus pada tujuan pembelajaran IPA sebagai proses penyelidikan, diperlukan penggunaan representasi untuk mendukung praktek penyelidikan tersebut (Kozma & Russel, 2005: 29). Misalnya atom, molekul dan ion terlalu kecil untuk dilihat, sehingga untuk mempelajarinya harus dilakukan dengan model atau representasi (Vermaat *et al.*, 2003: 5). Kemampuan representasi adalah kemampuan untuk menerjemahkan satu representasi dari konsep atau situasi ke bentuk lain, dan kemampuan untuk menghasilkan atau memilih representasi yang tepat untuk membuat penjelasan, prediksi, dan pembenaran. Kemampuan tersebut meliputi kompetensi dan keterampilan untuk menggunakan berbagai representasi untuk melakukan penyelidikan/*inquiry* (Wu *et al.*, 2000: 3).

Konsep representasi adalah salah satu dasar dari studi ilmiah, karena para ahli menggunakan representasi sebagai sarana utama dalam komunikasi dan pemecahan masalah (Strickland *et al.*, 2010: 1). Hasil penelitian Prain & Tytler (2012: 2757) menunjukkan bahwa penggunaan bahan dan alat-alat simbolik tertentu memberikan kemampuan khusus ketika siswa membangun representasi untuk membuat klaim tentang topik atau proses sains. Selain itu, Kozma (2000: 13) juga berpendapat bahwa alat dan sistem simbol telah memainkan peran penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Dengan demikian visualisasi dan pembelajaran dengan representasi telah diakui oleh pendidik sains sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman sains (Eilam & Poyas, 2010: 2338).

Teknologi dikembangkan untuk memungkinkan akses yang lebih luas dalam belajar menggunakan simulasi dan visualisasi dinamis dari konsep-konsep dan sistem sains yang rumit (Pea & Collins, 2008: 2). Sebagaimana dikemukakan oleh Scaife & Rogers (1996: 186) bahwa diagram animasi lebih efektif daripada gambar statis dan realitas virtual lebih baik dari animasi. Melalui penggabungan antara gambar dengan kata-kata, guru dapat membantu perkembangan pembelajaran yang lebih mendalam pada siswa (Mayer, 2003: 127).

Siswa perlu mengembangkan pemahaman tentang bentuk representasi yang beragam jika ingin mengembangkan pemahaman yang kuat tentang bagaimana menggunakan dan merepresentasikan konsep sains (Hubber *et al.*, 2010: 7). Representasi, seperti grafik, diagram, dan animasi, sering digunakan

dalam pembelajaran karena memiliki kemampuan untuk memperkuat pemahaman siswa mengenai sains (*body of knowledge*), tidak hanya melalui representasi dari suatu keabstrakan, tetapi juga melalui peran mereka dalam memori (Morrison & Watson, 2010: 1). Selain itu, Schonborn *et al.* (2003: 464) juga mengemukakan bahwa representasi eksternal seperti diagram dianggap sarana penting untuk mengkomunikasikan konsep ilmiah dan untuk pembangunan serta integrasi pengetahuan.

Siswa diharapkan tidak bergantung pada representasi tertentu pada suatu topik jika mereka ingin mengembangkan pemahaman yang kuat tentang bagaimana menggunakan dan merepresentasikan konsep-konsep sains (Tytler *et al.*, 2007: 316). Hal ini dikarenakan ide-ide dalam sains tidak dapat dipisahkan dari representasi mereka (Tytler *et al.*, 2006: 6). Fitur dari representasi yang berbeda menghasilkan cara berpikir dan cara berbicara yang berbeda tentang fenomena yang direpresentasikannya (Schank & Kozma, 2002: 5). Oleh karena itu, siswa perlu belajar tentang sifat dari representasi yang terkandung dalam penyelidikan ilmiah, dan bentuk yang berbeda di mana konsep yang sama dalam sains dapat direpresentasikan sebagai bagian dari perkembangan literasi sains (Waldrip *et al.*, 2010: 66).

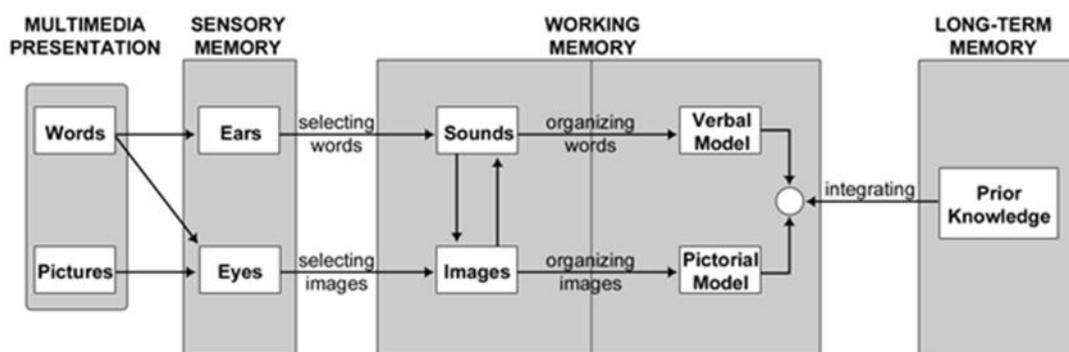
Kemunculan multi literasi menuntut siswa untuk menjadi peserta yang aktif dan efektif. Siswa perlu memahami bagaimana sumber daya bahasa, gambar dan retorika digital dapat digunakan secara mandiri dan interaktif untuk membangun berbagai jenis makna (Unsworth, 2001: 8). Siswa juga perlu memahami keragaman representasi dari konsep dan proses sains, dapat

menerjemahkan mode yang berbeda satu sama lain, serta memahami penggunaan mereka dalam merepresentasikan pengetahuan ilmiah (Waldrip *et al.*, 2006: 89). Sains memungkinkan untuk menjelajahi ide-ide karena adanya bentuk khusus dari representasi yang merupakan karakteristik dari sains itu sendiri (Kress *et al.*, 2001: 99).

Representasi jamak serta kemampuan kognitif dan sosial memberikan dukungan terhadap pemahaman sains (Kozma, 2003: 206). Hal yang membuat representasi jamak berguna dalam konteks keadaan tertentu adalah bahwa representasi jamak memberikan kesempatan untuk membentuk hubungan yang berbeda selama pengetahuan dibangun (Gero & Reif, 2001: 337). Temuan menunjukkan bahwa pendekatan guru untuk memilih, memanfaatkan, dan menggunakan *scaffolding* pada representasi jamak adalah kunci dalam pengembangan kompetensi representasional siswa dan pemahaman konseptual dari konsep ilmiah yang kompleks (Hilton & Nichols, 2011: 2241).

Kohl (2007: 21) selanjutnya menjelaskan tentang representasi menggunakan teori pengkodean ganda (*Dual Coding Theory*) dalam membuat prediksi atau melakukan analisis. Menurut model ini, memori kerja manusia (sebagai lawan memori jangka panjang) memiliki dua saluran yang berbeda: verbal, dan visual. Memori ini dapat beroperasi sampai batas tertentu secara paralel dan dapat menjelaskan bagaimana kata-kata dan gambar digunakan bersama-sama dapat menghasilkan keuntungan belajar yang meningkat secara substansial dibandingkan dengan satu atau yang lainnya. Jika seorang siswa disajikan

dengan informasi dalam kedua format visual dan verbal, memori efektif yang tersedia untuk bekerja meningkat dan pembelajaran menjadi lebih mudah (Gambar 2).



Gambar 2. Model kognisi menggunakan representasi jamak berdasarkan Teori Pengkodean Ganda (*Dual Coding Theory*) (diadaptasi dari Mayer, 2003: 129)

Berdasarkan penjelasan Mayer (2003: 129-130) jika lingkungan pembelajaran berbasis komputer, representasi eksternal dapat mencakup kata-kata yang diucapkan yang masuk melalui telinga, dan animasi yang masuk melalui mata. Siswa harus memilih aspek yang relevan dari suara dan gambar untuk diproses lebih lanjut. Selain itu, siswa dapat mengkonversi beberapa kata yang diucapkan dalam representasi verbal untuk diproses lebih lanjut di saluran verbal sedangkan beberapa animasi dapat dikonversi menjadi representasi visual untuk diproses lebih lanjut di saluran visual. Apabila lingkungan pembelajaran berbasis buku, representasi eksternal dapat mencakup kata-kata yang dicetak dan ilustrasi, yang keduanya masuk melalui mata. Siswa harus memilih aspek yang relevan dari gambar yang masuk untuk diproses lebih lanjut. Selain itu, pelajar dapat mengkonversi beberapa kata yang dicetak ke representasi verbal untuk diproses dalam saluran verbal dan bahkan mungkin

mengubah beberapa ilustrasi menjadi representasi verbal untuk diproses dalam saluran verbal. Proses ini disebut sebagai pemilihan (*selecting*).

Mayer (2003: 130) lebih lanjut menjelaskan proses kedua adalah untuk membangun representasi mental yang koheren dari materi verbal (yaitu, membentuk sebuah model verbal) dan materi visual (yaitu, membentuk sebuah model piktoral), disebut pengorganisasian (*organizing*). Proses ketiga adalah untuk membangun hubungan antara model verbal dan visual dan dengan pengetahuan sebelumnya, disebut pengintegrasian (*integrating*). Proses pemilihan, pengorganisasian, dan pengintegrasian umumnya tidak terjadi dalam urutan linier yang kaku, melainkan dalam mode yang berulang. Setelah hasil belajar dibangun, akan disimpan dalam memori jangka panjang untuk digunakan di masa depan.

Pemilihan jenis dan jumlah representasi perlu diperhatikan ketika seorang anak belajar menggunakan representasi jamak. Hal ini dikarenakan keduanya dapat membebani *working memory* anak. Piaget mengemukakan bahwa perkembangan intelektual didasarkan pada dua fungsi yaitu organisasi dan adaptasi. Organisasi memberikan kemampuan untuk mensistematisasikan proses-proses fisik atau psikologis menjadi teratur, sedangkan adaptasi dilakukan melalui dua proses yaitu asimilasi dan akomodasi. Proses asimilasi seseorang dilakukan dengan menggunakan kemampuan yang sudah ada untuk menanggapi masalah yang dihadapinya, sementara dalam proses akomodasi seseorang memerlukan modifikasi struktur mental (skema) yang ada dalam mengadakan respon terhadap tantangan lingkungannya (Dahar, 1996: 151)

Adaptasi merupakan suatu kesetimbangan antara asimilasi dan akomodasi. Jika dengan proses asimilasi, seseorang tidak dapat mengadakan adaptasi dengan lingkungannya, terjadilah ketidaksetimbangan (*disequilibrium*). Akibat ketidaksetimbangan ini maka terjadilah akomodasi, dan skema yang sudah ada mengalami perubahan atau muncul skema yang baru. Pertumbuhan intelektual merupakan proses terus-menerus tentang keadaan ketidaksetimbangan dan keadaan setimbang (*disequilibrium-equilibrium*). Tetapi bila terjadi kembali kesetimbangan, maka individu itu berada pada tingkat intelektual yang lebih tinggi daripada sebelumnya. Siswa harus memasuki area yang tidak dikenal untuk dapat belajar, ia tidak dapat hanya mempelajari apa yang telah diketahuinya atau hanya mengandalkan asimilasi. Hal ini dikarenakan pada pelajaran yang tidak memberikan hal-hal baru, siswa mengalami *overassimilation*, sedangkan pada pelajaran yang tidak dimengerti, siswa mengalami *overaccomodation* (Dahar, 1996: 151-152).

Menurut Ainsworth & Labeke (2008: 1) belajar menggunakan representasi jamak telah diakui sebagai cara yang berpotensi kuat untuk memfasilitasi pemahaman selama bertahun-tahun. Hal ini dikarenakan dengan menggabungkan beberapa bentuk representasi yang berbeda dengan sifat yang berbeda, siswa tidak dibatasi oleh kekuatan dan kelemahan dari satu representasi tertentu (Ainsworth, 2008: 26). Hampir semua bentuk pembelajaran melibatkan informasi yang direpresentasikan dalam berbagai bentuk (Someren *et al.*, 1998: 1). Oleh sebab itu, guru sains telah lama menggunakan teknik representasional yang berbeda di dalam kelas untuk

mengkomunikasikan ide-idenya kepada siswa melalui suara, tulisan, gerak tubuh/gestur, dan sebagainya (Tsui & Treagust, 2003: 112).

Salah satu tugas utama untuk belajar dengan representasi jamak adalah penerjemahan yang baik antar representasi (Ainsworth *et al.*, 2002: 25).

Terdapat dua proses perubahan representasi, yaitu: 1) transformasi, melibatkan perubahan dalam satu/sebuah mode; dan 2) transduksi, melibatkan perubahan antar mode, dari satu bentuk ke bentuk yang lain (Bezemer & Kress, 2008: 169). Oleh karena itu, siswa harus memahami bentuk representasi, hubungan antara representasi dan domain, memahami bagaimana memilih representasi yang tepat, serta membangun sebuah representasi yang tepat (Ainsworth, 2006: 4-5).

Hasil penelitian Kohl & Finkelstein (2006: 17) menunjukkan bahwa lingkungan pembelajaran dapat memainkan peran penting dalam mengembangkan keterampilan representasional siswa ketika diterapkan pada pemecahan masalah. Oleh sebab itu, guru harus mempertimbangkan kemungkinan yang ditawarkan oleh representasi jamak dari suatu konsep dalam merancang lingkungan pembelajaran (Sankey, 2003: 10). Jenis pengetahuan juga menunjukkan sejauh mana representasi yang berbeda diintegrasikan karena hampir semuanya sulit dipahami dengan hanya dipelajari menggunakan satu representasi (Berthold *et al.*, 2008: 356).

Nakhleh & Postek (2008: 229) juga mencatat bahwa meskipun siswa memilih representasi yang sama (seperti teks) dengan fungsi yang sama, mereka

terfokus pada aspek yang berbeda dari fungsi tersebut untuk membangun tugas yang memediasi pemahaman mereka sendiri.

Menggunakan representasi dan mode yang berbeda dari mengajar dapat membuat konsep-konsep ilmiah lebih mudah dimengerti oleh siswa dengan meningkatkan kemajuan terhadap pembelajaran konseptual yang lebih canggih sesuai dengan model pembelajaran konsep. Belajar dengan cara ini selain lebih mudah dimengerti, dapat diterima dan bermanfaat, juga dapat menyebabkan peningkatan motivasi untuk belajar sains (Treagust, 2008: 1). Dengan demikian, Prain & Waldrip (2006: 1844) berpendapat bahwa pada pembelajaran sains di tingkat SMP, siswa perlu diperkenalkan dengan representasi jamak dari konsep sains dan dapat memahami, menerjemahkan, dan mengintegrasikan mode ini sebagai bagian pembelajaran dari sifat pengetahuan ilmiah dan representasinya.

Meltzer (2005: 463) melakukan penelitian dengan mengajukan dua pertanyaan mengenai hukum III Newton yang hampir sama dimana salah satunya diajukan dalam bentuk representasi verbal dan lainnya dalam bentuk representasi diagram yaitu diagram vektor. Hasilnya menunjukkan bahwa proporsi jawaban benar pada pertanyaan verbal secara konsisten lebih tinggi daripada pertanyaan diagram. Selanjutnya dua kuis tambahan yang mencakup empat pertanyaan diberikan kepada siswa dalam empat representasi, yaitu verbal, diagram, matematik/ simbolik, dan grafis. Secara umum, tingkat kesalahan untuk keempat representasi adalah hampir sama, tetapi terdapat bukti substansial bahwa perempuan memiliki tingkat kesalahan sedikit lebih

tinggi pada pertanyaan berbentuk grafis dibandingkan dengan representasi lain, sedangkan bukti siswa laki-laki lebih ambigu.

Penelitian Moreno and Mayer (1998: 3) menunjukkan bahwa hasil pelatihan representasi jamak dalam pembelajaran lebih baik dari pelatihan representasi tunggal untuk siswa dengan pencapaian tinggi pada masalah yang lebih sulit. Oleh karena itu, Waldrip *et al.* (2010: 75-77) mengusulkan kerangka kerja IF-SO ketika belajar menggunakan representasi jamak, yaitu sebagai berikut:

I (*Identify key concepts*): Identifikasi konsep kunci. Guru perlu mengidentifikasi konsep-konsep kunci atau ide-ide besar dari topik pada tahap perencanaan agar representasi yang dibangun dapat melibatkan siswa, mengembangkan pemahaman siswa, dan memperhitungkannya sebagai bukti ketika mempelajari dimensi yang berbeda dari suatu topik.

F (*Focus on form and function*): Fokus pada bentuk dan fungsi. Guru perlu memfokuskan secara eksplisit pada fungsi dan bentuk (atau bagian) dari representasi yang berbeda. Jika representasi tertentu sangat penting untuk topik, seperti pemanfaatan diagram cahaya untuk menggambarkan atau memahami refleksi/pembiasan cahaya, maka sifat dan alasan pada kesepakatan ini perlu diperkenalkan dan diklarifikasikan pada awal topik.

S (*Sequence*): Urutan. Siswa harus dihadapkan pada urutan tantangan representasional, yang memungkinkan mereka untuk mengeksplorasi dan menjelaskan ide-ide mereka, memperluas ide-ide ini untuk berbagai situasi baru, dan memungkinkan peluang untuk mengintegrasikan representasi mereka ke laporan sumatif yang bermakna dari topik.

O (*Ongoing assesment*): penilaian berkelanjutan. Guru harus melihat karya representasional yang dibuat oleh siswa, termasuk laporan verbal mengenai topik, untuk melihat perkembangan pemikiran siswa yang sedang berlangsung dan sebagai bagian dari bukti pembelajaran siswa.

E. Keterampilan Berpikir Kritis

Sigel (1985: 43) menyatakan bahwa berpikir adalah sejumlah proses mental yang digunakan dalam memecahkan masalah. Berpikir meliputi keterampilan untuk menganalisis, sintesis, evaluasi, pemecahan masalah, reflektifitas, kategorisasi, dan berbagai jenis penalaran (termasuk deduktif, induktif, silogisme, dan analogis). Sementara Ruggiero (1988: 2) mengartikan berpikir sebagai segala aktivitas mental yang membantu merumuskan atau memecahkan masalah, membuat keputusan, atau memenuhi keinginan untuk memahami; berpikir adalah sebuah pencarian jawaban, sebuah pencapaian makna. Secara umum berpikir merupakan suatu proses kognitif, yaitu sebuah aktivitas mental untuk memperoleh pengetahuan (Presseisen, 1984: 2)

Keterampilan berpikir berkembang ketika siswa membuat cara berpikir mereka secara eksplisit, mendengarkan cara-cara alternatif dari berpikir, dan merefleksikan pemikiran mereka sendiri (Berman, 1985: 12). Menurut Tawil & Liliyasi (2013: 3) kecerdasan merupakan potensi dan keterampilan berpikir menentukan bagaimana kecerdasan digunakan. Berdasarkan Novak (1979). prosesnya berpikir dapat dikelompokkan dalam berpikir dasar dan berpikir kompleks. Proses berpikir dasar merupakan gambaran dari proses berpikir

rasional yang mengandung sejumlah langkah dari yang sederhana menuju yang kompleks. Aktivitas berpikir rasional meliputi menghafal, membayangkan, mengevaluasi, menganalisis, mensintesis, mendeduksi dan menyimpulkan.

Resnick (1987: 44-45) menjelaskan bahwa berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking*) melibatkan sekelompok aktivitas mental elaboratif yang membutuhkan penilaian dan analisis situasi yang kompleks sesuai dengan beberapa kriteria. Berpikir tingkat tinggi membutuhkan upaya dan tergantung pada regulasi diri. Berpikir tingkat tinggi merupakan ciri khas dari keberhasilan pembelajaran di semua tingkat, tidak hanya pada tingkat yang lebih maju. Tantangan saat ini adalah menemukan cara untuk mengajarkan berpikir tingkat tinggi dalam lembaga-lembaga yang berkomitmen untuk mendidik seluruh masyarakat.

Berpikir kompleks disebut berpikir tingkat tinggi yang terdiri dari berpikir kritis, kreatif, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan (Cohen, 1971: 26). Menurut Liliyasi (2009: 1) dari empat pola pikir tersebut, berpikir kritis mendasari tiga pola berpikir yang lain, artinya berpikir kritis perlu dikuasai lebih dahulu sebelum mencapai ketiga pola berpikir lainnya. Ennis (1985: 45) menyatakan bahwa berpikir kritis merupakan berpikir reflektif yang masuk akal yang difokuskan pada memutuskan apa yang harus dipercaya dan dilakukan. Sementara itu, Paul (1993: 23) mengemukakan bahwa berpikir kritis adalah cara yang sistematis untuk membentuk pemikiran seseorang. Berpikir kritis dibedakan dari berpikir lain karena pemikir berpikir dengan

kesadaran yang bersifat sistematis melalui pemikiran yang berkualitas tinggi, dilakukan terus-menerus dan diperbaiki dalam rangka meningkatkan kualitas berpikir.

Halpern (1999: 70) mengemukakan bahwa berpikir kritis mengacu pada penggunaan keterampilan atau strategi kognitif yang meningkatkan kemungkinan dari hasil yang diinginkan. Berpikir kritis merupakan jenis pemikiran yang terlibat dalam memecahkan masalah, merumuskan kesimpulan, memperhitungkan kemungkinan, dan membuat keputusan.

Menurut Paul (1993: 23) terdapat dua asumsi yang mendasari berpikir kritis: pertama, bahwa kualitas pemikiran seseorang mempengaruhi kualitas hidupnya, dan kedua, bahwa setiap orang dapat belajar bagaimana untuk terus meningkatkan kualitas pemikirannya. Oleh karena itu, berpikir kritis dapat diterapkan secara efektif tidak hanya untuk belajar akademik, tetapi untuk belajar dalam setiap dimensi kehidupan.

Beyer (1995: 23-25) menyebutkan bahwa berpikir kritis digunakan dan diajarkan karena dapat membantu untuk memproses ide-ide dan informasi secara lebih efektif. Selain itu, berpikir kritis juga dapat digunakan bersama dengan berpikir jenis lain seperti pemecahan masalah, pengambilan keputusan, konseptualisasi, dan berpikir kreatif. Berpikir kritis digunakan setiap kali kita ingin menentukan kualitas sebuah kesimpulan dalam berbagai subjek. Dengan demikian, berpikir kritis dapat diterapkan untuk melaksanakan tugas-tugas kognitif di mana saja, serta untuk belajar dan mengajarkan suatu subjek termasuk dalam kurikulum sekolah

Mengembangkan kemampuan berpikir didukung oleh teori-teori kognisi yang melihat siswa sebagai pencipta aktif pengetahuan dan kerangka penafsiran. Berfokus pada kemampuan berpikir di dalam kelas sangat penting karena mendukung proses kognitif aktif yang membuat belajar menjadi lebih baik (McGuinness, 1999: 2). Penelitian Terenzini (1993: 1) menunjukkan bahwa terdapat tiga dimensi pengalaman siswa yang mempengaruhi keterampilan berpikir kritis, yaitu: (1) pengaruh kurikulum, (2) kelas formal dan pengalaman pembelajaran, dan (3) pengalaman di luar kelas.

Jonsons (2002: 185) menjelaskan bahwa tujuan dari berpikir kritis adalah untuk mencapai pemahaman yang mendalam. Pemahaman membuat kita mengerti maksud di balik ide yang mengarahkan hidup kita sehari-hari. Pemahaman mengungkap makna dibalik suatu kejadian. Berpikir kritis memungkinkan untuk menganalisis pemikiran sendiri untuk memastikan bahwa mereka telah menentukan pilihan dan menarik kesimpulan cerdas. Mereka yang tidak berpikir kritis tidak dapat memutuskan untuk diri mereka sendiri apa yang harus dipikirkan, apa yang harus dipercaya atau bagaimana harus bertindak. Jika seseorang gagal berpikir mandiri, mereka meniru orang lain, mengadopsi keyakinan dan menerima kesimpulan orang lain dengan pasif. Menurut Amri dan Ahmadi (2010: 64) dalam berpikir kritis siswa dituntut menggunakan strategi kognitif tertentu yang tepat untuk menguji keandalan gagasan, pemecahan masalah, dan mengatasi masalah serta kekurangannya.

Adapun indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (1980 dalam Tanwil & Liliyasi, 2013: 9) dibagi menjadi 5 kelompok, yaitu:

1. Memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*)
Menganalisis pertanyaan, mengajukan dan menjawab pertanyaan klarifikasi
2. Membangun keterampilan dasar (*basic support*)
Menilai kredibilitas suatu sumber, meneliti, menilai hasil penelitian
3. Membuat inferensi (*inferring*)
Mereduksi dan menilai deduksi, menginduksi dan menilai induksi, membuat dan menilai penilaian yang berharga
4. Membuat penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*)
Mendefinisikan istilah, menilai definisi, mengidentifikasi asumsi
5. Mengatur strategi dan taktik (*strategies and tactics*)
Memutuskan sebuah tindakan, berinteraksi dengan orang lain.

Sementara itu Facione (1990, dalam Tanwil & Liliyasi, 2013: 9) mengidentifikasi 6 indikator keterampilan berpikir kritis, yaitu:

1. Interpretasi
Memahami, mengekspresikan, menyampaikan signifikan, dan mengklasifikasi makna
2. Analisis
Mengidentifikasi, menganalisis
3. Evaluasi
Menaksir pernyataan, representasi
4. Inferensi
Menyimpulkan, merumuskan hipotesis, mempertimbangkan
5. Penjelasan
Menjustifikasi penalaran, mempresentasikan penalaran
6. Regulasi diri
Menganalisis, mengevaluasi.

Henri (1992, dalam Tanwil & Liliyasi, 2013: 10) mengklasifikasikan keterampilan berpikir kritis ke dalam 5 dimensi, yaitu:

1. Klasifikasi dasar
Meneliti, mempelajari masalah, mengidentifikasi, meneliti hubungan-hubungan
2. Klasifikasi mendalam
Menganalisis masalah untuk memahami nilai-nilai, kepercayaan-kepercayaan dan asumsi-asumsi utamanya.

3. Inferensi
Mengakui dan mengemukakan sebuah ide berdasarkan pada proposisi yang benar
4. Penilaian
Membuat keputusan-keputusan, evaluasi-evaluasi dan kritik-kritik
5. Strategi dan taktik
Menerapkan solusi setelah pilihan atau keputusan.

E. Kerangka Pikir

Saat ini pembelajaran sains yang berlangsung di sekolah, yaitu pada tingkat SMP masih berkuat pada *lower order thinking*, sementara pendidikan yang sesuai dengan kebutuhan masa depan hanya akan dapat terwujud apabila siswa mampu mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*). Salah satu hal yang menyebabkan rendahnya keterampilan berpikir siswa adalah proses pembelajaran yang berlangsung selama ini belum mampu mengembangkan keterampilan berpikir tersebut. Terdapat banyak komponen yang sangat berpengaruh terhadap proses pembelajaran di sekolah, diantaranya standar isi dan standar proses. Proses pembelajaran di sekolah tentunya tidak terlepas dari standar isi dan standar proses pendidikan, karena keduanya digunakan sebagai pedoman guru dalam pelaksanaan proses pembelajaran.

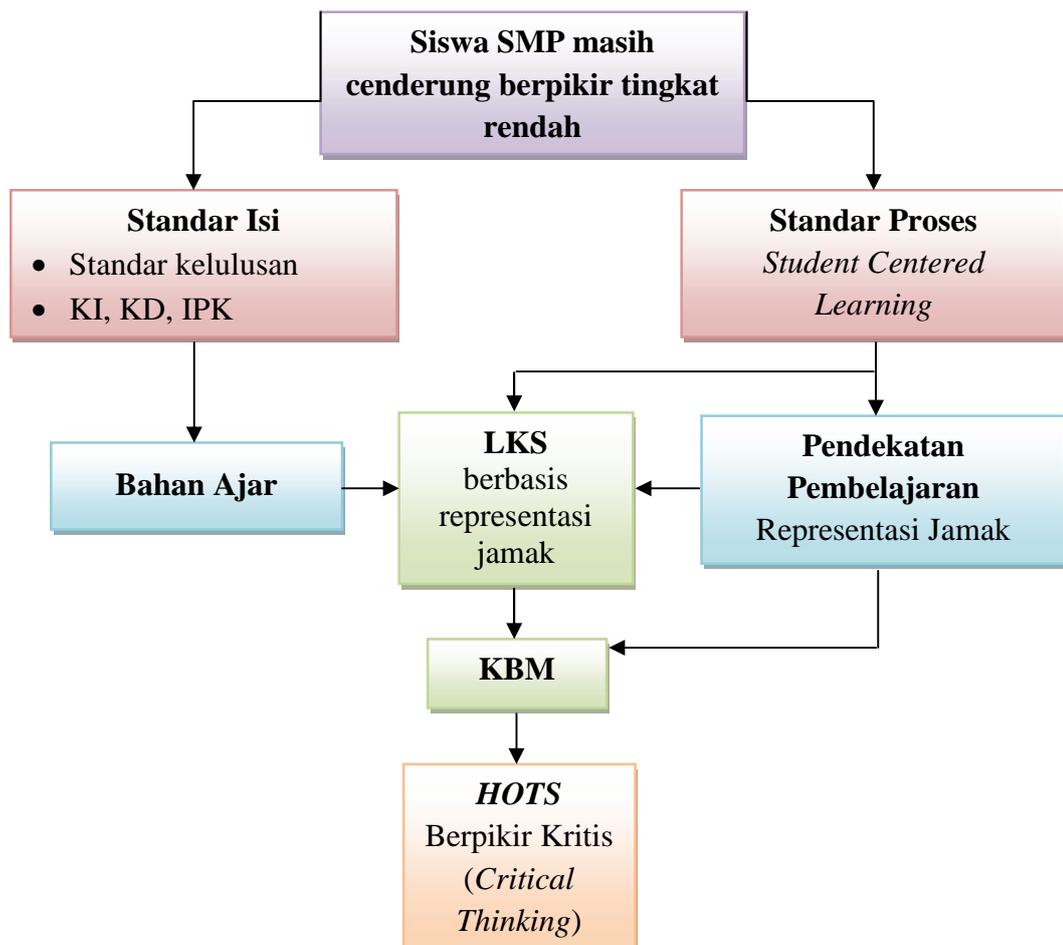
Adanya standar isi dan pelaksanaan standar proses yang tepat pada satuan pendidikan diharapkan dapat meningkatkan kualitas lulusan yang pada akhirnya mampu meningkatkan mutu pendidikan. Standar isi dapat digunakan sebagai acuan dalam membuat bahan ajar yang mampu melatih keterampilan berpikir siswa, sementara standar proses digunakan sebagai

pedoman dalam merancang dan melaksanakan rangkaian kegiatan pembelajaran, termasuk menentukan pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan siswa.

Salah satu elemen penting dalam proses pembelajaran adalah bahan ajar. Oleh karena itu guru diharapkan dapat mengembangkan bahan ajar yang sesuai dengan kondisi sekolah, latar belakang siswa, dan karakteristik materi yang akan diajarkan. Adapun pendekatan dalam pembelajaran sains yang sering dilakukan oleh guru adalah dengan mengajarkan konsep-konsep sains dalam bentuk kumpulan definisi ataupun rumus. Akibatnya siswa cenderung kurang terampil dalam menjawab soal yang sifatnya terbuka dan memerlukan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Sebagian besar materi sains dianggap bersifat abstrak sehingga sulit untuk dipelajari, contohnya pada materi peran energi dalam kehidupan. Energi adalah sebuah kemampuan untuk melakukan usaha dalam setiap aktivitas. Setiap makhluk hidup termasuk manusia, hewan dan tumbuhan membutuhkan energi untuk melangsungkan kehidupannya. Energi dapat kita dirasakan tetapi tidak dapat dilihat, oleh karena itu energi bersifat abstrak. Sesuai dengan hukum termodinamika pertama atau hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, hanya dapat berubah bentuk. Energi merupakan suatu bagian yang mendasar di alam semesta dan terdapat dalam berbagai bentuk. Demikian pentingnya fungsi energi bagi kehidupan sehingga pengetahuan mengenai energi harus diajarkan secara eksplisit kepada siswa.

Salah satu upaya untuk mengatasi kesulitan tersebut adalah dengan mengembangkan bahan ajar yang tepat. Apabila materi pembelajaran yang akan disampaikan bersifat abstrak, maka bahan ajar harus mampu membantu siswa menggambarkan sesuatu yang abstrak tersebut, misalnya dengan penggunaan gambar, bagan, ataupun diagram. Dengan demikian dirasa perlu dilakukan penelitian tentang pengembangan LKS yang dapat mempermudah siswa dalam mempelajari materi yang bersifat abstrak, yaitu LKS berbasis representasi jamak untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Adapun secara skematis kerangka pikir dalam penelitian ini ditunjukkan oleh diagram berikut:



Gambar 3. Skema kerangka pikir

G. Hipotesis

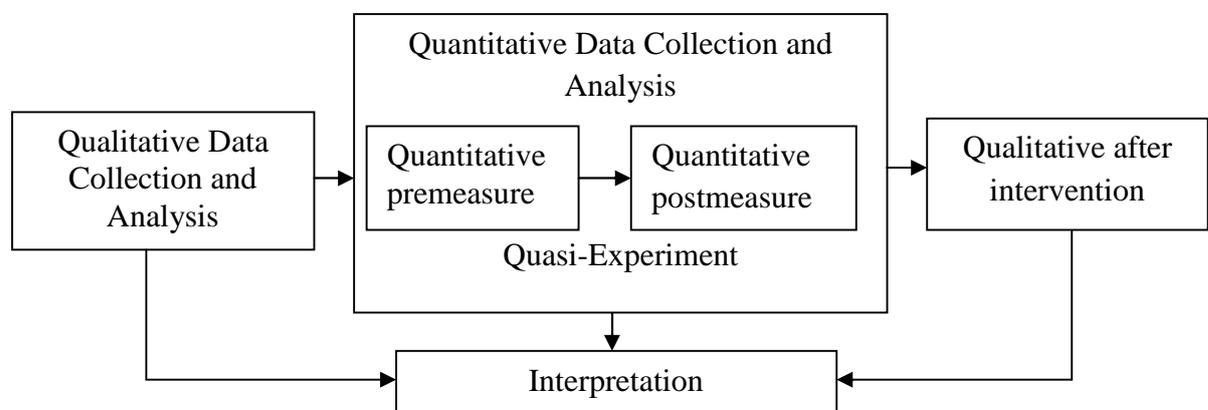
Hipotesis dalam penelitian adalah:

1. LKS berbasis representasi jamak yang dikembangkan telah valid dan layak digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa
2. LKS berbasis representasi jamak yang dikembangkan praktis dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan tingkat keterlaksanaan dan respon siswa yang tinggi
3. LKS berbasis representasi jamak yang dikembangkan lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dibandingkan LKS konvensional.

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran atau *mixed-method* dengan tipe *sequential embedded design*. Secara umum desain ini terdiri dari tiga tahapan. Tahap pertama adalah tahap kualitatif yang dilakukan melalui observasi dan angket, untuk memperoleh informasi mengenai LKS dan pendekatan pembelajaran yang selama ini digunakan oleh guru dalam pembelajaran IPA. Tahap kedua merupakan tahap kuantitatif yang dilakukan dengan metode kuasi eksperimen dengan desain *nonequivalent control group design* untuk mengetahui keefektivan LKS yang dikembangkan terkait dengan peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Tahap ketiga dilakukan secara kualitatif kembali untuk mengetahui tanggapan siswa setelah diberi perlakuan menggunakan LKS yang dikembangkan. Adapun desain penelitian yang digunakan digambarkan sebagai berikut.

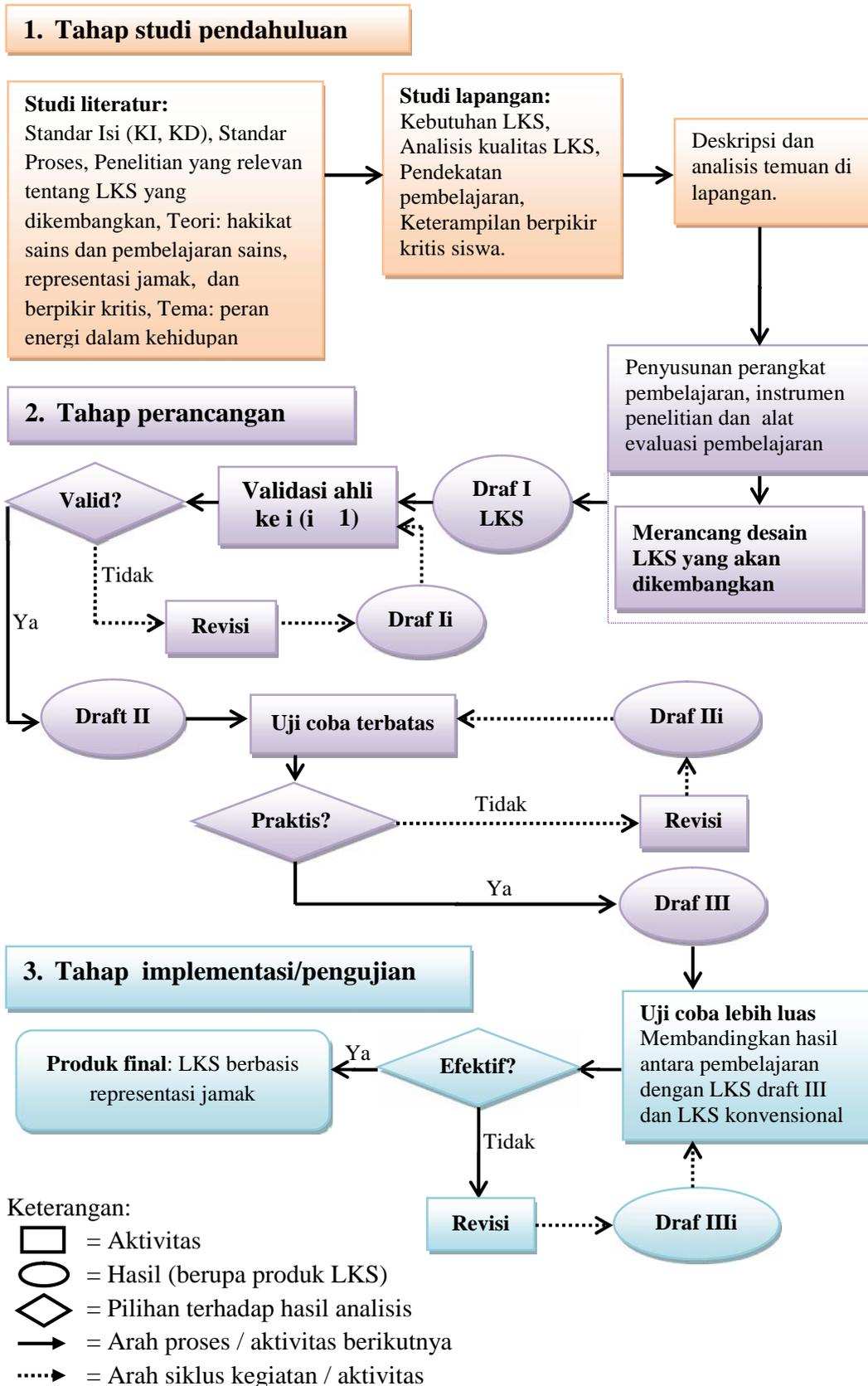


Gambar 4. *Sequential embedded design*
(Diadaptasi dari Creswell, 2008: 544)

B. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah pengembangan LKS ini diadaptasi dari Borg & Gall (1983: 775) yang terdiri dari sepuluh langkah, yaitu: (1) penelitian dan pengumpulan informasi (*research and information*), (2) perencanaan (*planning*), (3) pengembangan draft produk awal (*develop preliminary form of product collecting*), (4) pengujian ahli dan uji lapangan awal (*preliminary field testing*), (5) revisi produk awal (*main product revision*), (6) uji coba lebih luas (*main filed testing*), (7) revisi produk hasil uji luas (*operational product revision*), (8) pengujian lapangan operasional (*operational field testing*), (9) revisi produk akhir (*final product revision*) dan (10) desiminasi serta implementasi (*dissemination and implementation*).

Model tahapan pengembangan ini dipilih karena langkah-langkahnya sesuai dengan rancangan penelitian untuk menghasilkan bahan ajar berupa LKS yang bermanfaat dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian ini, maka dilakukan adaptasi terhadap 10 tahap penelitian pengembangan tersebut menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu: (1) tahap studi pendahuluan, (2) tahap perancangan/desain LKS (produk), dan (3) tahap Implementasi/ evaluasi LKS yang dikembangkan. Secara umum, keseluruhan alur penelitian dan pengembangan ini dapat digambarkan dalam gambar 5 berikut:



Gambar 5. Tahapan dan aktivitas penelitian dan pengembangan (diadaptasi dari Sunyono, 2014: 89)

Berikut adalah langkah-langkah penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini:

1) Pengumpulan data kualitatif dan analisis

Tahap kualitatif pertama dilakukan sebelum tahap kuantitatif melalui studi pendahuluan untuk memperoleh informasi tentang bahan ajar dan pendekatan pembelajaran yang selama ini sering digunakan oleh guru-guru IPA dalam proses pembelajaran. Setelah data diperoleh kemudian dilakukan analisis secara deskriptif untuk selanjutnya diinterpretasikan.

Tahap studi pendahuluan

Studi pendahuluan adalah tahap awal atau persiapan dengan menghimpun data tentang kondisi yang ada sebagai bahan perbandingan untuk produk yang dikembangkan (Sukmadinata, 2011). Tahap studi pendahuluan pada penelitian ini ditempuh melalui: studi literatur, studi lapangan, dan deskripsi serta analisis hasil temuan di lapangan.

• Studi literatur

Studi literatur ini dilakukan untuk memperoleh data tentang landasan teoritis yang dapat memperkuat suatu produk yang dikembangkan.

Pada tahap ini peneliti mengkaji kurikulum, yang meliputi standar isi (KI dan KD), standar proses, serta berbagai landasan teori dan hasil penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya. Studi literatur ini diperoleh untuk mengumpulkan informasi penyebab terjadinya masalah, dalam hal ini berkaitan dengan rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa.

- **Studi lapangan**

Studi lapangan diperoleh melalui angket berupa analisis kebutuhan produk yang dikembangkan dan analisis kualitas produk yang selama ini beredar di pasaran. Tujuan utama dari studi ini adalah tidak untuk menguji hipotesis melainkan untuk mengumpulkan informasi terhadap sejumlah variabel. Angket pada studi pendahuluan berfungsi untuk mengungkap pembelajaran yang saat ini terjadi di sekolah meliputi: penggunaan LKS, pemerolehan LKS, tujuan penggunaan, representasi jamak, respon siswa dalam pembelajaran, dan keterampilan berpikir kritis siswa.

Analisis kebutuhan diperuntukkan bagi 11 orang guru sains dan 30 orang siswa dari 10 SMP yang ada di propinsi Lampung. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap LKS yang selama ini beredar di pasaran untuk mengetahui kualitas LKS yang digunakan oleh guru dan siswa. Kemudian hasil temuan di lapangan tersebut dideskripsikan untuk dikembangkan pada tahapan selanjutnya.

2) Pengumpulan data kuantitatif dan analisis

Tahap kuantitatif sebelum pengukuran dimulai dengan merancang LKS yang dikembangkan, validasi ahli dan dilakukan uji coba secara terbatas. Sedangkan tahap kuantitatif setelah pengukuran dilakukan terhadap data yang diperoleh dari hasil uji coba skala luas.

Tahap perancangan

Tahap perancangan ini meliputi: (a) rancangan perangkat pembelajaran, (b) rancangan produk, (c) validasi ahli, (d) uji coba. Tahapan ini disusun secara berurutan, dalam hal ini setelah draft perangkat pembelajaran berhasil disusun, kemudian disusun rancangan LKS yang dikembangkan, selanjutnya divalidasi oleh ahli, revisi/perbaikan, dan diuji coba. Adapun tahapan pengembangan yang telah dilakukan sebagai berikut:

a. Rancangan perangkat pembelajaran

Langkah kegiatan dalam menyusun perangkat pembelajaran ini meliputi:

- (1) Menganalisis KI dan KD yang dipilih dalam melakukan penelitian
- (2) Merancang karakteristik materi, keluasan dan kedalaman materi, dan alokasi waktu.
- (3) Menetapkan indikator pencapaian kompetensi yang meliputi sebagai dasar dalam menyusun instrumen evaluasi hasil belajar.
- (4) Menyusun silabus dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP).

b. Rancangan produk (draft)

Pada tahap ini dilakukan perancangan produk yang ingin dikembangkan, berupa LKS berbasis representasi jamak. Tahap ini dilakukan melalui kegiatan membuat produk awal berupa *storyboard* dan mendesain draft LKS yang memuat komponen-komponen antara lain: Kompetensi Inti, Kompetensi Dasar, Indikator Pencapaian Kompetensi, petunjuk pengerjaan, informasi pendukung, serta langkah kegiatan. Selanjutnya menyiapkan angket uji validasi isi dan konstruk,

menyiapkan angket untuk menguji keterlaksanaan LKS dan respon siswa sebagai pengguna, serta menyiapkan instrumen untuk mengukur keterampilan berpikir kritis siswa.

c. Validasi ahli

Pada tahap ini produk yang dikembangkan harus divalidasi terlebih dahulu oleh ahli, yaitu validasi isi dan validasi konstruk sebelum digunakan pada tahap uji coba. Validasi isi meliputi pernyataan-pernyataan tentang LKS yang sesuai dengan KI dan KD, representasi jamak dan indikator keterampilan berpikir kritis. Validitas konstruk meliputi pernyataan-pernyataan tentang kesesuaian komponen komponen LKS dengan indikator-indikator yang telah ditetapkan berupa kesesuaian format dan kemudahan dari LKS yang dikembangkan.

Validasi tersebut dilakukan melalui lembar validitas yang diisi oleh ahli pendidikan dan pendidikan sains yang memenuhi setidaknya satu atau lebih dari kriteria berikut, yaitu diakui sebagai ahli di bidang bahan ajar atau menjadi seorang praktisi, khususnya guru yang sudah tersertifikasi, saat ini aktif dalam mengembangkan bahan ajar (LKS) atau seseorang yang direkomendasikan oleh salah satu ahli dari tahap uji coba terbatas. Lembar validasi berisi skor penilaian yang dinilai masing-masing ahli. Lembar ini digunakan untuk mendapatkan data mengenai pendapat para ahli (validator) terhadap LKS yang dikembangkan. Setelah dilakukan

validasi awal, draft LKS yang dikembangkan harus direvisi dan divalidasi kembali oleh ahli yang sama.

d. Uji coba terbatas

Uji coba yang dilakukan pada tahap pengembangan berupa uji coba terbatas. Uji coba ini dilaksanakan di SMP Negeri 7 Kotabumi, Lampung Utara pada semester genap tahun pelajaran 2015/2016. Uji coba ini bertujuan untuk melihat secara empiris kepraktisan dan keefektifan draft LKS yang dikembangkan, meliputi tingkat keterlaksanaan pembelajaran, kemenarikan/respon siswa sebagai pengguna, dan pengujian instrumen tes keterampilan berpikir kritis. Tingkat kemenarikan diukur melalui angket yang diisi oleh siswa, sedangkan tingkat keterlaksanaan diukur melalui observasi oleh observer dengan menggunakan instrumen observasi.

Uji coba awal dilakukan dalam skala terbatas dengan menggunakan desain penelitian eksperimen bentuk *pre-eksperimental design* dengan tipe *one-shot case study*, dimana dalam desain penelitian ini terdapat suatu kelompok yang diberi *treatment* (perlakuan) dan selanjutnya diobservasi hasilnya (*treatment* adalah sebagai variabel independen dan hasil adalah sebagai variabel dependen) (Sugiyono, 2010: 110). Subjek dalam eksperimen ini disajikan dengan suatu perlakuan, berupa desain LKS yang dikembangkan lalu diukur tingkat kepraktisannya, sehingga penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 1 kali tahap pengumpulan data.

Desain penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Desain eksperimen *one-shot case study*

Keterangan :

X = Perlakuan/*treatment* yang diberikan (variabel independen)

O = Observasi (variabel dependen)

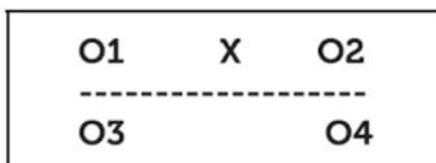
Lokasi penelitian yang digunakan untuk pelaksanaan uji coba terbatas yaitu SMPN 7 Kotabumi, dan subyek dipilih menggunakan teknik *cluster random sampling*, yaitu diambil satu kelas dari enam kelas yang ada secara acak dengan jumlah subjek 30 orang siswa. Tujuan langkah ini adalah untuk dapat mengetahui apakah desain produk yang telah dikembangkan dapat diterapkan dengan benar. Berdasarkan hasil uji coba terbatas maka dilakukan perbaikan terhadap draft LKS yang telah dikembangkan, sehingga diperoleh draft LKS yang siap diuji coba lebih luas.

Tahap implementasi/pengujian

Tahap ini dilakukan melalui uji coba skala luas berupa penerapan produk/LKS yang dikembangkan dan keterterapannya dievaluasi menggunakan pretes dan postes sehingga tahap ini dilakukan untuk menguji efektivitas LKS yang dikembangkan. Pretes dan postes dilakukan pada siswa dengan bentuk dan jumlah soal yang sama. Penilaian efektivitas menggunakan tes dilakukan melalui perbandingan hasil pengukuran terhadap dua kelas sebelum dan setelah penerapan LKS. Pembelajaran pada kelas eksperimen dilaksanakan dengan model inkuiri

terbimbing menggunakan LKS berbasis representasi jamak, sementara pada kelas kontrol dilaksanakan dengan model inkuiri terbimbing menggunakan LKS yang tidak berbasis representasi jamak.

Lokasi penelitian pada pelaksanaan uji coba lebih luas juga dilakukan di SMPN 7 Kotabumi dan subyek penelitian dipilih secara *cluster random sampling* untuk dua kelas di SMPN 7 Kotabumi Lampung Utara, yaitu kelas VII A sebagai kelas eksperimen dan kelas VII B sebagai kelas kontrol. Pengujian ini dilakukan menggunakan desain penelitian kuasi eksperimen, yaitu *non-equivalent control group design*. Dua kelompok yang ada diberi pretes, kemudian diberikan perlakuan, dan terakhir diberikan postes. Selanjutnya baik kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol dibandingkan hasilnya (Sugiyono, 2010: 116). Desain penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Desain eksperimen *nonequivalent control group design*

Keterangan :

O1 = Pretes kelas eksperimen

O2 = Pretes kelas kontrol

X = Perlakuan/*treatment* yang diberikan (variabel independen)

O3 = Postes kelas eksperimen

O4 = Postes kelas kontrol

3) Pengumpulan data kualitatif setelah intervensi

Setelah satu minggu dari pemberian perlakuan, dilakukan wawancara untuk mengeksplorasi pandangan dan pendapat siswa secara mendalam

mengenai LKS yang dikembangkan. Tahap ini melibatkan 6 orang siswa dengan *N-gain* yang berbeda dan dipilih secara acak. Wawancara yang dilakukan merupakan wawancara semi-terstruktur (*semistructure interview*) menggunakan pedoman wawancara yang telah disusun berupa daftar pertanyaan yang berkaitan dengan perlakuan yang telah diberikan, tetapi tidak bersifat mengikat sehingga peneliti dapat mengadakan improvisasi atau mengajukan pertanyaan tambahan jika diperlukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas dan detail dari siswa. Selanjutnya hasil wawancara dianalisis secara deskriptif dan dihasilkan produk final berupa LKS berbasis representasi jamak.

C. Teknik dan Alat Pengumpulan Data

Teknik dan alat pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Teknik pengumpulan data

Pada studi pendahuluan dipilih teknik angket yang digunakan untuk mengungkap pembelajaran yang saat ini terjadi meliputi: penggunaan LKS, representasi jamak, respon siswa dalam pembelajaran, dan keterampilan berpikir kritis siswa. Angket juga diberikan pada tahap validasi ahli dan tahap uji coba produk. Data yang dikumpulkan dan teknik pengumpulan datanya adalah sebagai berikut:

- a) Data hasil validasi ahli berupa penilaian terhadap validitas isi dan konstruk. Teknik pengumpulan datanya menggunakan instrumen kelayakan.
- b) Data hasil uji terbatas dilakukan melalui angket dan observasi.

c) Data hasil uji lebih luas, teknik pengumpulan datanya menggunakan angket, observasi, dan tes.

Pada tahap akhir implementasi dilakukan wawancara untuk mengetahui pandangan siswa secara lebih mendalam terhadap LKS yang dikembangkan.

2. Alat/instrumen pengumpulan data

Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini berkaitan dengan teknik pengumpulan data yang dilakukan pada masing-masing tahap penelitian, yaitu:

a. Angket

Angket digunakan untuk menganalisis kebutuhan siswa dan guru, serta kemenarikan/respon siswa terhadap LKS yang dikembangkan. Angket analisis kebutuhan berisi pertanyaan untuk mengungkap kebutuhan siswa dan guru. Angket respon siswa digunakan pada tahap uji coba produk untuk mengetahui kepraktisan LKS yang dikembangkan.

b. Lembar validasi

Lembar validasi berisi skor penilaian yang harus diisi oleh ahli, meliputi validitas isi dan konstruk. Lembar ini digunakan untuk mendapatkan data mengenai pendapat para ahli (validator) terhadap LKS yang dikembangkan.

c. Lembar observasi

Lembar observasi digunakan untuk mengetahui tingkat keterlaksanaan dan aktivitas siswa. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran bertujuan untuk mengetahui kualitas keterlaksanaan atau kepraktisan LKS yang dikembangkan, sedangkan lembar observasi aktivitas siswa bertujuan untuk mengetahui efektivitas LKS yang dikembangkan.

d. Tes

Tes yang digunakan meliputi pretes dan postes. Pretes adalah tes yang dilakukan sebelum siswa menggunakan LKS, sedangkan postes dilakukan setelah siswa menggunakan LKS. Data yang diperoleh dari tes ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas LKS yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

e. Pedoman wawancara

Pedoman wawancara yang digunakan dalam penelitian ini adalah pedoman wawancara semi-terstruktur. Pedoman ini berupa pertanyaan-pertanyaan yang diajukan kepada siswa untuk mengetahui pandangan dan pendapat siswa secara lebih mendalam, serta kesulitan-kesulitan yang dihadapi selama pembelajaran menggunakan LKS yang dikembangkan.

D. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis data angket analisis kebutuhan

Pada tahap studi pendahuluan, dilakukan analisis terhadap angket analisis kebutuhan guru dan siswa yang dideskripsikan dalam bentuk persentase, kemudian dianalisis atau diinterpretasikan secara kualitatif. Adapun kegiatan dalam teknik analisis data angket dilakukan dengan cara:

- a) Mengklasifikasi data, bertujuan untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket.
- b) Melakukan tabulasi data berdasarkan klasifikasi yang dibuat, bertujuan untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket dan banyaknya sampel penelitian.
- c) Menghitung frekuensi jawaban, berfungsi untuk memberikan informasi tentang kecenderungan jawaban yang banyak dipilih dalam setiap angket pertanyaan.
- d) Menghitung persentase jawaban, bertujuan untuk melihat besarnya persentase setiap jawaban dari pertanyaan sehingga data yang diperoleh dapat dianalisis sebagai suatu temuan dalam penelitian.

2. Analisis data lembar validasi

Validitas isi dan konstruk pada produk diperoleh dari ahli melalui uji/validasi ahli. Analisis data berdasarkan instrumen uji ahli dilakukan untuk menilai tingkat kelayakan produk yang dihasilkan sebagai bahan ajar. Instrumen penilaian uji ahli menggunakan skala Guttman yang memiliki pilihan jawaban sesuai konten pertanyaan, yaitu: “Setuju” dan “Tidak Setuju” dengan skor “1” dan “0”. Revisi dilakukan pada konten

pertanyaan yang diberi pilihan jawaban “Tidak Setuju” atau para ahli memberikan masukan khusus terhadap LKS/prototipe yang sudah dibuat.

Validitas terhadap LKS yang dikembangkan dan perangkatnya juga dihitung berdasarkan skor yang diberikan oleh validator untuk setiap aspek penilaian, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menghitung jumlah skor yang diberikan oleh validator untuk setiap aspek yang dinilai
- 2) Menghitung persentase ketercapaian skor dari skor ideal/skor maksimal untuk setiap aspek yang dinilai
- 3) Menghitung rata-rata persentase ketercapaian skor dari validator, kemudian menafsirkan data menggunakan penafsiran seperti pada

Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria ketercapaian validitas

Persentase	Kriteria
21,00% - 36,00%	Tidak Valid (TV)
37,00% - 52,00%	Kurang Valid (KV)
53,00% - 68,00%	Cukup Valid (CV)
69,00% - 84,00%	Valid (V)
85,00% - 100,00%	Sangat Valid (SV)

(Ratumanan, 2003)

3. Analisis data keterlaksanaan dan kemenarikan LKS

Analisis untuk data keterlaksanaan dilakukan secara deskriptif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menghitung jumlah skor yang diberikan oleh pengamat/observer untuk setiap aspek pengamatan, kemudian dihitung persentase ketercapaian dengan rumus:

$$\%J_i = (J_i / N) \times 100\%$$

Keterangan: % J_i = Persentase ketercapaian dari skor ideal untuk setiap aspek pengamatan pada pertemuan ke- i
 J_i = Jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh pengamat pada pertemuan ke- i
 N = Skor maksimal (skor ideal)

- 2) Menghitung rata-rata persentase ketercapaian untuk setiap aspek pengamatan dari dua orang pengamat
- 3) Menafsirkan data dengan kriteria ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (RPP) sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria tingkat keterlaksanaan

Persentase	Kriteria
0,0% - 20,0%	Sangat rendah
20,1% - 40,0%	Rendah
40,1% - 60,0%	Sedang
60,1% - 80,0%	Tinggi
80,1% - 100,0%	Sangat Tinggi

(Ratumanan, 2003)

Analisis data untuk tingkat kemenarikan yang ditinjau dari respon siswa terhadap LKS yang dikembangkan, dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

- 1) Menghitung jumlah siswa yang memberikan respon positif dan negatif terhadap LKS yang dikembangkan

- 2) Menghitung persentase jumlah siswa yang memberikan respon positif dan negatif
- 3) Menafsirkan data dengan menggunakan kriteria sebagaimana Tabel 2 di atas.

Indikator kepraktisan dalam penelitian ini dinyatakan oleh:

1. Keterlaksanaan proses pembelajaran menggunakan LKS yang dikembangkan berkategori “tinggi”
2. Kemenarikan yang ditinjau dari respon siswa. Jika sekurang-kurangnya 80% siswa yang mengikuti pembelajaran memberikan respon “positif”.

4. Analisis data aktivitas siswa

Analisis deskriptif terhadap aktivitas siswa dalam pembelajaran dilakukan dengan mengolah data hasil pengamatan oleh observer dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menghitung persentase aktivitas siswa untuk setiap pertemuan dengan rumus:

$$\% Pa = \frac{Fa}{Fb} \times 100\%$$

Keterangan: Pa = Persentase aktivitas siswa dalam pembelajaran
 Fa = Frekuensi rata-rata aktivitas siswa yang muncul
 Fb = Frekuensi rata-rata aktivitas siswa yang diamati

- 2) Menghitung jumlah persentase aktivitas siswa yang relevan dan yang tidak relevan dengan pembelajaran untuk setiap pertemuan dan

menghitung rata-ratanya, kemudian menafsirkan data dengan menggunakan kriteria sebagaimana Tabel 2 di atas.

- 3) Mengurutkan aktivitas siswa yang dominan dalam pembelajaran berdasarkan persentase setiap aspek aktivitas yang diamati.

5. Analisis data tes

Sebelum soal tes dapat digunakan, terlebih dahulu divalidasi dengan menggunakan uji korelasi Pearson untuk mengetahui seberapa jauh hubungan antara jawaban pada setiap butir tes yang diskor secara dikotomi dengan skor total tes. Perhitungan validitas butir soal tersebut dilakukan dengan menggunakan program SPSS versi 17.0. Soal tes dikatakan valid jika koefisien korelasi untuk setiap item tes $> 0,30$ (Sugiyono, 2010: 179).

Selanjutnya instrumen tes diuji reliabilitasnya untuk mengetahui tingkat keajegan instrumen tersebut. Pengujian reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan alfa *Cronbach* dengan alasan bahwa perhitungan tersebut mudah dilakukan dan merupakan prosedur yang lazim digunakan untuk memperkirakan reliabilitas berdasarkan korelasi antar item. Perhitungan validitas butir soal tersebut dilakukan dengan menggunakan program SPSS versi 17.0 dan penafsirannya menggunakan kriteria Arikunto (2009: 245) yang dinyatakan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria koefisien reliabilitas

Koefisien reliabilitas	Keterangan
0,80 < r _n 1,00	Sangat tinggi
0,60 < r _n 0,80	Tinggi
0,40 < r _n 0,60	Sedang
0,20 < r _n 0,40	Rendah
0,00 < r _n 0,20	Sangat rendah

Setelah instrumen tes valid dan reliabel, selanjutnya dapat digunakan dalam pretes dan postes. Teknik penskoran nilai pretes dan postes yaitu :

$$S = \frac{R}{N} \times 100$$

Keterangan:

S = Nilai yang diharapkan (dicari); R = Jumlah skor dari item atau soal yang dijawab benar; N = Jumlah skor maksimum dari tes tersebut (Purwanto, 2008: 112).

Peningkatan skor antara pretes dan postes menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis. Peningkatan skor tersebut dihitung berdasarkan perbandingan *gain* yang dinormalisasi atau *N-gain* (*g*) dengan menggunakan rumus Hake (2002: 3) yaitu:

$$\langle g \rangle = \frac{(\% \langle \text{posttest} \rangle - \% \langle \text{pretest} \rangle)}{(100 - \% \langle \text{pretest} \rangle)}$$

Keterangan:

$\langle g \rangle$ = *average normalized gain* = rata-rata *N-gain*

$\% \langle \text{posttest} \rangle$ = *posttest class percentage averages* = rata-rata persentase postes

$\% \langle \text{pretest} \rangle$ = *pretest class percentage averages* = rata-rata persentase postes

Kriteria *N-gain*nya adalah “rendah” jika $0,3 < \text{N-gain} < 0,5$; “sedang” jika $0,5 < \text{N-gain} < 0,7$; dan “tinggi” jika $\text{N-gain} > 0,7$ (Hake, 2002: 3).

Pengujian hipotesis dilakukan dengan uji perbedaan dua rata-rata, yang sebelumnya dilakukan uji prasyarat berupa uji normalitas dan uji kesamaan dua varians (homogenitas) data.

a. Uji normalitas data

Uji normalitas berfungsi untuk mengetahui apakah sampel penelitian berasal dari populasi berdistribusi normal atau tidak dan untuk menentukan uji selanjutnya, apakah menggunakan statistik parametrik atau non parametrik. Uji normalitas data dilakukan menggunakan uji *Lilliefors*. Adapun pengujian normalitas data dalam penelitian ini menggunakan program SPSS versi 17.

- Hipotesis
 $H_0 =$ Sampel berdistribusi normal
 $H_1 =$ Sampel tidak berdistribusi normal
- Kriteria Pengujian
Terima H_0 jika $L_{hitung} < L_{tabel}$ atau $p\text{-value} > 0,05$, tolak H_0 untuk harga yang lainnya (Pratisto, 2004: 5).

b. Uji kesamaan dua varians (homogenitas)

Apabila masing masing data berdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan uji kesamaan dua varians (homogenitas). Uji homogenitas dilakukan untuk memperoleh asumsi bahwa sampel penelitian berawal dari kondisi yang sama atau homogen. Adapun pengujian homogenitas data dalam penelitian ini juga menggunakan program SPSS versi 17.

- Hipotesis
 $H_0 =$ Kedua sampel mempunyai varians sama
 $H_1 =$ Kedua sampel mempunyai varians berbeda

- Kriteria Pengujian

Dengan kriteria uji yaitu jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau probabilitasnya $> 0,05$ maka H_0 diterima, jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau probabilitasnya $< 0,05$ maka H_0 ditolak (Pratisto, 2004: 71).

c. Pengujian hipotesis

Untuk menguji hipotesis dilakukan dengan uji perbedaan dua rata-rata menggunakan uji-t dengan program SPSS versi 17. Uji perbedaan dua rata-rata digunakan untuk menentukan seberapa efektif perlakuan sampel dengan melihat *N-Gain* keterampilan berpikir kritis siswa yang berbeda secara signifikan antara pembelajaran di kelas eksperimen dan kontrol.

- Hipotesis

H_0 = rata-rata *N-gain* pada kelompok eksperimen sama dengan kelompok kontrol.

H_1 = rata-rata *N-gain* pada kelompok eksperimen lebih tinggi dari kelompok kontrol.

- Kriteria Pengujian

Jika $-t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_0 diterima.

Jika $t_{hitung} < -t_{tabel}$ atau $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H_0 ditolak (Pratisto, 2004: 10).

Indikator keefektifan dalam penelitian ini dinyatakan oleh:

- 1) Aktivitas siswa minimal berkategori “tinggi”
- 2) Keterampilan berpikir kritis siswa yang ditinjau berdasarkan perbandingan *N-gain* menunjukkan bahwa rata-rata *N-gain* pada kelompok eksperimen lebih tinggi dari kelompok kontrol.

6. Analisis data wawancara

Analisis data hasil wawancara dilakukan dengan analisis deskriptif terhadap jawaban-jawaban siswa pada setiap soal tes dan pelaksanaan pembelajaran menggunakan LKS berbasis representasi jamak. Data hasil wawancara dibuat dalam bentuk transkrip yang selanjutnya dianalisis dengan memilih hal-hal yang pokok, memfokuskan pada hal-hal yang menjadi kunci utama permasalahan, dan menentukan pola atau hubungan antar variabel yang diteliti. Penyajian data dilakukan dalam bentuk uraian singkat atau teks yang bersifat naratif. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan bukti-bukti yang valid dan konsisten saat peneliti kembali ke lapangan, sehingga analisis wawancara menjadi pendukung hasil yang diperoleh siswa pada tahap implementasi/pengujian dan dapat ditarik kesimpulan yang kredibel.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. telah dikembangkan produk LKS berbasis representasi jamak yang valid, baik dari segi isi maupun kontruk yang dipersiapkan sebagai bahan ajar untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa
2. produk LKS berbasis representasi jamak memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi ditinjau dari keterlaksanaan pembelajaran dan respon siswa terhadap LKS
3. LKS yang dikembangkan efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan mendorong aktivitas siswa dengan kategori sangat tinggi, terutama pada tema peran energi dalam kehidupan.

B. Saran

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. LKS berbasis representasi jamak dapat dijadikan alternatif bahan ajar di sekolah untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa

2. Penentuan waktu pengerjaan LKS hendaknya mempertimbangkan kemampuan siswa dalam menjawab soal sehingga alokasi waktu pada kegiatan pembelajaran tidak menyimpang dari Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang sudah dirancang
3. Penerapan LKS berbasis representasi jamak yang dikembangkan sebaiknya diujicobakan kepada siswa di beberapa sekolah agar memperoleh produk yang lebih adaptif terhadap perkembangan kurikulum sains yang berlaku
4. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengembangkan LKS berbasis representasi jamak dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi lain, seperti keterampilan berpikir kreatif dan pemecahan masalah
5. Penelitian lebih lanjut juga dapat dilakukan dengan mengembangkan LKS berbasis representasi jamak pada materi sains lain, khususnya pada materi yang dirasa bersifat abstrak

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman. 2010. The Role Of Quantum Physics Multiple Representations to Enhance Concept Mastery, Generic Science Skill, and Critical Thinking Disposition for Pre-Service Physics Teacher Students. Dissertation. *Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Education in Science Education*.
- Abdurrahman, Liliyasi, Rusli, A., & Waldrip, B. 2011. Implementasi Pembelajaran Berbasis Multi Representasi untuk Peningkatan Penguasaan Konsep Fisika Kuantum. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, Th. XXX (1).
- Ainsworth, S. 1999. The Function Multiple Representation. *Computer and Education*, 33, 131-152.
- Ainsworth, S. 2006. DeFT: A Conceptual Framework for Considering Learning with Multiple Representations. *Learning and Instruction*, 16 (3), 183-198.
- Ainsworth, S. 2008. The Educational Value of Multiple Representations when Learning Complex Scientific Concept. In *Visualization: Theory and Practice in Science Education* Gilbert JK., Reiner, M., Nakhleh, M. (Eds.) 191-208.
- Ainsworth, S., Bibby, P., & Wood, D. 2002. Examining the Effects of Different Multiple Representational Systems in Learning Primary Mathematics. *Journal of the Learning Sciences*, 11 (1), 25-61.
- Ainsworth, S. & Labeke, N. V. 2004. Multiple Forms of Dynamic Representation. *Learning and Instruction*, 14 (3), 241-255.
- Ainsworth, S. & Labeke, N. V. 2008. Using a Multi-representational Design Framework to Develop and Evaluate a Dynamic Simulation Environment. *International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning*. ESRC Centre for Research in Development, Instruction & Training. Tubingen, Germany.
- Amri, S. & Ahmadi, I. K. 2010. *Proses Pembelajaran Kreatif dan Inovatif dalam Kelas*. PT Prestasi Pustakaraya. Jakarta.
- Arikunto, Suharsimi. 2009. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Bumi Aksara. Jakarta.

- Astuti, Yuvita W. 2013. Bahan Ajar Fisika SMA dengan Pendekatan Multi Representasi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 1 (4), 382-389.
- Berman, S. 1985. Thinking in Context: Teaching for Openmindedness and Critical Understanding. In Costa, A. L. *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking*. Revised Edition, Volume 1. Association for Supervision and Curriculum Development. Alexandria, VA.
- Berthold, K., Eysink, T. H. S., & Renkl, A. 2008. Assisting self-Explanation Prompts are more Effective than Open Prompts When Learning with Multiple Representations. *Instructional Science*, 37, 345–363.
- Beyer, B. K. 1995. *Critical Thinking*. Phi Delta Kappa Educational Foundation. Bloomington, Indiana.
- Bezemer, J. & Kress, G. 2008. Writing in Multimodal Texts: A Social Semiotic Account of Designs for Learning. *Written Communication*, 25 (2), 166-195.
- Bodner, G. M. & Domin, D. S. 2000. Mental Models: The Role of Representations in Problem Solving in Chemistry. *University Chemistry Education*, 4 (1), 24-30.
- Borg, Walter R. & Gall, Meredith D. 1983. *Education Research: An Introduction (4th ed)*. Longman Inc. New York.
- Cheng, P., Lowe, R. & Scaife, M. 1999. Cognitive Science Approaches to Understanding Diagrammatic Representations. In A. F. Blackwell (Ed.), *Thinking with diagrams* (pp. 79-94). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Chin, C. 2007. Multimodality in Teaching and Learning and Science. *Proceeding the 1st International Seminar on Science Education*. Graduate School Indonesia University of Education. Bandung.
- Cohen, J. 1971. *Thinking*. Rand McNally. Chicago.
- Creswell, John W. 2008. *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Pearson Education. Boston.
- Dahar, R. W. 1986. *Interaksi Belajar Mengajar IPA*. Universitas Terbuka. Jakarta.
- Dahar, R. W. 1996. *Teori-Teori Belajar*. Erlangga. Jakarta.
- Dani, K. 2002. *Kamus Lengkap Bahasa Indonesia*. Putra Hasan. Surabaya.
- Darmodjo, H. & Kaligis, J. R. E. 1993. *Pendidikan IPA II*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.

- Davenport, J. L., Yaron, D., Klahr, D., & Koedinger, K. 2008. When Do Diagrams Enhance Learning? A Framework for Designing Relevant Representations. In: ICLS 1 *International Society of the Learning Sciences*, pp. 191-198.
- De Jong, Ton., dkk. 1998. Acquiring Knowledge in Science and Mathematics: The Use of Multiple Representations in Technology-Based Learning Environments. In M. W. van Someren, P. Reimann, H. P. A. Boshuizen, & T. de Jong (Eds.), *Learning with Multiple Representations* (pp. 9-40). Elsevier Science. London.
- Depdiknas. 2006. *Panduan Pengembangan Pembelajaran IPA Terpadu, SMP/MTs*. Pusat Kurikulum, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Depdiknas. Jakarta.
- Djamarah. 2005. *Strategi Belajar Mengajar*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Duschl, R.A. 1990. *Restructuring Science Education: The Importance of Theories and Their Development*. Teachers College Press. New York.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. 2007. *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. National Academies Press. Washington DC.
- Eilam, B. & Poyas, Y. 2010. External Visual Representations in Science Learning: The Case of Relations among System Components. *International Journal of Science Education*, 32 (17), 2335–2366.
- Ennis, R. H. 1985. Goals for a Critical Thinking Curriculum. In Costa, A. L. *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking*. Revised Edition, Volume 1. Association for Supervision and Curriculum Development. Alexandria, VA.
- Gero, J. S. & Reffat, R. M. 2001. Multiple Representation as a Platform for Situated Learning System in Designing. *Knowledge-Based System*, 14, 337-351.
- Givry, D. & Roth, W. M. 2006. Toward a New Conception of Conceptions: Interplay of Talk, Gestures, and Structures in the Setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 1086.
- Goldin, G. & Shteingold, N. 2001. Systems of Representations and the Development of Mathematical Concepts. In A. Cuoco (Ed.), *The roles of representation in school mathematics* (pp. 1-23). National Council of Teachers of Mathematics. Reston, VA.

- Goldman, S. R. 2003. Learning in Complex Domains: When and Why Do Multiple Representations Help?. *Learning and Instruction*, 13 (2), 239-244.
- Hake, R. R. 2002. Relationship of Individual Student Normalized Learning Gains in Mechanics with Gender, High-School Physics, and Pretest Scores on Mathematics and Spatial Visualization. *Paper presented at Physics Education Research Conference*. Boise, Idaho.
- Halpern, D. F. 1999. Teaching for Critical Thinking: Helping College Students Develop the Skills and Dispositions of a Critical Thinker. *New Directions For Teaching And Learning*, 80, 69-74.
- Hamalik, Oemar. 2004. *Proses Belajar Mengajar*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Harjanto. 2006. *Perencanaan Pembelajaran*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Harlen, W. 2008. Science As a Key Component of the Primary Curriculum: A Rationale with Policy Implications. *Perspectives on Education 1 (Primary Science)*, p. 4–18. (www.wellcome.ac.uk/perspectives), diakses tanggal 23 November 2015.
- Hilton, A. & Nichols, K. 2011. Representational Classroom Practices that Contribute to Students' Conceptual and Representational Understanding of Chemical Bonding. *International Journal of Science Education*, 33 (16), 2215-2246.
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. 2010. Teaching and Learning about Force with a Representational Focus: Pedagogy and Teacher Change. *Research in Science Education*, 40, 5–28.
- Hwang, W.-Y., Chen, N.-S., Dung, J.-J., & Yang, Y.-L. 2007. Multiple Representation Skills and Creativity Effects on Mathematical Problem Solving using a Multimedia Whiteboard System. *Educational Technology & Society*, 10 (2), 191-212.
- Isjoni. 2013. *Cooperative Learning: Efektivitas Pembelajaran Kelompok*. Alfabeta. Bandung.
- Ismet. 2013. Dampak Program Perkuliahan Mekanika Berbasis Multipel Representasi Terhadap Kecerdasan Spasial Mahasiswa Calon Guru. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 132-143.
- Jonsons, Elaine B. 2002. *Contextual Teaching and Learning, Menjadikan Kegiatan Belajar Mengajar Mengasyikan dan Bermakna*. Kaifa Learning. Bandung.
- Kaymakci, S. 2012. A Review of Studies on Worksheets in Turkey. *Jurnal US-China Education*, (1), 57-6. (Online). Tersedia di

(<http://www.files.eric.ed.gov/fulltext/ED530699.pdf>), diakses tanggal 16 November 2015.

- Kemdikbud. 2014. *Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan dan Kebudayaan dan Penjaminan Mutu Pendidikan. Jakarta.
- Khazaal, H. F. 2015. Problem Solving Method Based on E-Learning System for Engineering Education. *Jurnal of College Teaching & Learning*, Vol. 12 (1), 1-12.
- Kohl, P. B. 2007. *Towards an Understanding of How Students Use Representations in Physics Problem Solving*. ProQuest.
- Kohl, P. B. & Finkelstein, N. D. 2006. The effect of Instructional Environment on Physics Students' Representational Skills. *Physical Review: Spec Top. PER*, v.2, p. 010106.
- Kong, S. L. 2006. Effects of a Cognitive-infusion Intervention on Critical Thinking Skills and Dispositions of Pre-service Teachers. *National Institute of Education*. Nanyang Technological University. Singapore.
- Kozma, R. 2000. The Use of Multiple Representations and The Social Construction of Understanding in Chemistry". In M. Jacobson & R. Kozma (eds.), *Innovations in Science and Mathematics Education: Advanced Designs for Technologies of Learning*, pp. 11-46, Erlbaum. Mahwah, NJ.
- Kozma, R. 2003. The Material Features of Multiple Representations and Their Cognitive and Social Affordances for Science Understanding. *Learning and Instruction*, 13 (2), 205-226.
- Kozma, R. & Russell, J. 2005. Multimedia learning of chemistry. In R. Mayer (Ed.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, 409-428. New York: Cambridge University Press.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. 2001. Multimodal Teaching and Learning: *The Rhetorics of the Science Classroom*. Continuum. London, UK.
- Kurnaz, M. A. & Arslan, A. S. 2013. Effectiveness of Multiple Representations for Learning Energy Concepts: Case of Turkey. *Social and Behavioral Sciences*, 116, 627- 632.
- Larkin, J. H. & Simon, H. A. 1987. Why a Diagram is (sometimes) Worth Thousand Words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.

- Lasry, N. & Aulls, M. W. 2007. The effect of Multiple Internal Representations on Context Rich Instruction. *American Journal of Physics*, 75 (11), 1030-1037.
- Liliasari. 2009. *Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Sains Kimia Menuju Profesionalitas Guru*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Majid, A. 2009. *Perencanaan Pembelajaran*. PT Remaja Rosda Karya. Bandung.
- Mayer, R. E. 2003. The Promise of Multimedia Learning: Using the Same Instructional Design Methods Across Different Media. *Learning and Instruction*, 13, 125.
- McGuinness, C. 1999. *From Thinking Skills to Thinking Classrooms: A Review and Evaluation of Approaches for Developing Pupils' Thinking*. DfEE, (Research Report RR115). London.
- McNeill, D. 1992. *Hand and Mind: What Gestures Reveal About Thought*. University of Chicago Press. Chicago and London.
- Meij, J. V. D. 2007. Support for Learning with Multiple Representations. *Netherlands Organization for Scientific Research*.
- Meltzer, David E. 2005. Relation Between Students' Problem-solving Performance and Representational Format. *American Journal of Physics*, 73 (5), 463-478.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. 1998. *Learning from Multiple Representations in a Multimedia Environment*. University of California. Santa Barbara, CA.
- Morrison, J. R. & Watson, G. S. 2010. Designing Physical Instructional Simulations to Promote Learning from Multiple External Representations. *Presented at Virginia Modeling, Analysis, and Simulation Center Student Capstone Conference*. Norfolk, VA.
- Nakhleh, M. B. & Postek, B. 2008. Learning Chemistry Using Multiple External Representations. In J.K. Gilbert et al., (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, 209–231. Springer.
- National Science Education Standards (NSES)*. 1996. National Academy Press. Washington DC.
- Nieveen, N. 2007. Formative Evaluation in Educational Design Research. In Plomp, T. & Nieveen, N. (Eds.) *An Introduction to Educational Design Research*. SLO. Netherlands.

- Nieveen, N., & van den Akker, J. 1999. Exploring the Potential of a Computer Tool for Instructional Developers. *Educational Technology Research and Development*, 47 (3), 77-98.
- Novak. 1979. *Meaningfull Reception Learning as a Basis for the Phychology of Teaching for Thinking Creativity*. Cleraing. Ohio.
- Nyamupangedengu, Eunice & Lelliot, A. 2012. An Exploration on Learners Use of Worksheets During a Science Museum Visit. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*. 16 (12), 1-15.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). 2013. *Snapshot of performance in mathematics, reading and science*. (Online). Tersedia di (<http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-snapshot-Volume-I-ENG.pdf>), diakses 11 November 2015.
- Paul, R. 1993. *Critical Thinking: What Every Person Needs to Survive in a Rapidly Changing World (Third Edition)*, edited by Jane Willsen and A. J. A. Binker, Foundation for Critical Thinking. Santa Rosa, CA.
- Paul, R. W., Elder, L., & Bartell, T. 1997. *California Teacher Preparation for Instruction in Critical Thinking: Research Findings and Policy Recommendations*. California Commission on Teacher Credentialing, Sacramento.
- Pea, R. & Collins, A. 2008. Learning How to Do Science Education: Four Waves of Reform. In Kali, Y., Linn, M.C., & Roseman, J. E. (Eds.) *Designing Coherent Science Education*. Teachers College Press. New York.
- Pearson. 2014. *Education and Skills for Life*. (Online). Tersedia di (<http://thelearningcurve.pearson.com/2014-report-summary/>) diakses tanggal 27 Maret 2017.
- Permendiknas. 2006. *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia No. 22 Tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Depdiknas. Jakarta.
- Pozzer-Ardenghi, L. & Roth, W. M. 2013. Pictures in Biology Education. In Tsui, C. & Treagust, D.F. *Multiple Representation in Biological Education*. Springer. London.
- Prain, V. & Tytler, R. 2012. Learning Through Constructing Representations in Science: A Framework of Representational Construction Affordances. *International Journal of Science Education*, 34 (17), 2751-2773.
- Prain, V. & Tytler, R. 2013. Learning Through the Affordances of Representation Construction. In *Constructing Representations to Learn in Science*, pp.67-82. Sense Publishers, Rotterdam, The Netherlands.

- Prain, V. & Waldrip, B. 2006. An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-Modal Representations of Concepts in Primary Science. *International Journal of Science Education* 28 (15), 1843-1866.
- Prastowo, A. 2011. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Diva Press. Yogyakarta.
- Pratisto, A. 2004. *Cara Mudah Mengatasi Masalah Statistik dan Rancangan Percobaan dengan SPSS 12*. Gramedia. Jakarta.
- Presseisen, B. Z. 1984. *Thinking Skills: Meanings, Models, and Materials*. Research for Better. Schools, Inc. Philadelphia, PA.
- Purwanto, B. 2011. Pentingnya Kreativitas Guru dan Calon Guru Fisika SMA dalam Upaya Pengembangan dan Pengadaan Alat Demonstrasi/Eksperimen untuk Menjelaskan Konsep Dasar Fisika. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*.
- Purwanto, N. 2008. *Prinsip-prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. PT Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Ratumanan, T. G. 2003. Pengembangan Model Pembelajaran Interaktif dengan Setting Kooperatif (Model PISK) dan Pengaruhnya terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa SLTP di Kota Ambon. *Disertasi Doktor*. Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya.
- Redfield, D. L. 1981. A Comparison of the Effects of Using Various Types of Worksheets on Pupil Achievement. *Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Los Angeles, California.
- Resnick, L. B. 1987. *Education and Learning to Think*. National Academy Press. Washington DC.
- Ristiasari, T., Priyono, B., dan Sukaesih, S. 2012. Model Pembelajaran Problem Solving dengan Mind Mapping Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Unnes Journal of Biology Education*, 1 (3).
- Rosengrant, D., Etkina, E. & Heuvelen, A. V. 2007. *An Overview of Recent Research on Multiple Representations*. (Online). Tersedia di (http://www.researchgate.net/publication/237623500_An_Overview_of_Recent_Research_on_Multiple_Representations), diakses 12 November 2015.
- Roth, W. M., Pozzer-Ardenghi, L., & Han, J. Y. 2005. *Critical Graphicacy: Understanding Visual Representation Practices in School Science* (Vol. 26). Springer. Dordrecht, Netherland.
- Ruggiero, Vincent Ryan. 1988. *Teaching Thinking Across The Curriculum*. Harper & Row, Publisher, Inc. USA.

- Rusman. 2012. *Model-Model Pembelajaran: Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Rajawali Pers. Jakarta.
- Sanjaya, Wina. 2008. *Strategi Pembelajaran: Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Kencana Prenada Media. Jakarta.
- Sankey, Michael D. 2003. *Visual and Multiple Representation in Learning Materials: An Issue of Literacy*. In: Create. ed 2003: eLearning for the Creative Industries. Melbourne, Australia.
- Sardiman. 2007. *Interaksi dan Motivasi Belajar Mengajar*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Scaife, M. and Rogers, Y. 1996. External Cognition: How Do Graphical Representations Work. *International Journal of Human Computer Studies*, 45, 185-213.
- Schank, P. & Kozma, R. 2002. Learning Chemistry Through the Use of a Representation-Based Knowledge Building Environment. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 21 (3), 253-279.
- Scherr, R. E. 2008. Gesture Analysis for Physics Education Researchers. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 4, 010101.
- Schonborn, K. J., Anderson, T. R. and Grayson, D. J. 2001. Biochemistry Students' Difficulties with the Interpretation of Textbook Diagrams, In: I.V. Mutimucuo (Ed), *Proceedings of the 9th Annual Meeting of the Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education (SAARMSTE)*, Eduardo Mondlane University, Maputo, Mozambique, Vol. 2, pp. 53-61.
- Schonborn, K. J., Anderson, T. R. and Grayson, D. J. 2003. Some Cognitive Perspectives Related to Students' Interaction with External Representations in Biochemistry. In: B. Putsoa, M. Dlamini, B. Dlamini and V. Kelly (Eds), *Proceedings of the 11th Annual Meeting of the Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education (SAARMSTE)*, University of Swaziland, Vol. 1, pp. 464-470.
- Seels, Barbara B. & Rickey, Rita C. 1994. *Instructional Technology: The Definition and Domain of the Field*. Washington DC, Association for Educational Communication and Technology.
- Sigel, I. E. 1985. Parents' Influence on Their Children's Thinking. In Costa, A. L. *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking*. Revised Edition, Volume 1. Association for Supervision and Curriculum Development. Alexandria, VA.

- Slameto. 2010. *Belajar dan Faktor – Faktor Yang Mempengaruhinya*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Slavin, Robert E. 2008. *Cooperative Learning: Teori, Riset dan Praktik*. Nusa Media. Bandung.
- Someren, M. W. V., Reimann, P., Boshuizen, H. P. A., & de Jong, T. 1998. *Learning with Multiple Representations*. Elsevier Science. Kidlington, Oxford, UK.
- Srivastava, A. & Ramadas, J. 2013. Analogy and Gesture for Mental Visualization of DNA Structure. In Tsui, C. & Treagust, D.F. *Multiple Representation in Biological Education*. Springer. London.
- Stern, E., Aprea, C. & Ebner, H. G. 2003. Improving Cross-content Transfer in Text Processing by Means of Active Graphical Representation. *Learning and Instruction*, 13, 191-203.
- Stokes, S. 2002. Virtual Literacy in Teaching and Learning: A Literature Perspective. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, Vol. 1, No. 1.
- Strickland, A.M., Kraft, A., Bhattacharyya, G. 2010. What Happens When Representations Fail to Represent? Graduate Students' Mental Models of Organic Chemistry Diagrams. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 293-301.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Alfabeta. Bandung.
- Sukmadinata, N. S. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan*. PT Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Sulaiman, W. S. W., Rahman, W. R. A., & Dzulkifli, M. A. 2007. Relationship between Critical Thinking Dispositions, Perceptions towards Teacher, Learning Approaches and Critical Thinking Skills among University Students. *International Journal of Behavioral Science*, 3 (1).
- Sumaji, Soehakso, Mangunwijaya, Wilardjo, Suparno, Susilo, Marpaung, Sularto, Budi, Sinaradi, Sarkim & Rohandi. 1998. *Pendidikan Sains yang Humanistik*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sunyono. 2014. *Model Pembelajaran Berbasis Multipel Representasi dalam Membangun Model Mental dan Penguasaan Konsep Kimia Dasar Mahasiswa*. Disertasi Doktor. Program Pascasarjana Pendidikan Sains Universitas Negeri Surabaya.

- Sunyono. 2015. *Model Pembelajaran Multipel Representasi: Pembelajaran Empat Fase dengan Lima Kegiatan: Orientasi, Eksplorasi Imajinatif, Internalisasi, dan Evaluasi*. Media Akademi. Yogyakarta.
- Sunyono, Yuanita, L., & Ibrahim, M. 2015. Mental Models of Students on Stoichiometry Concept in Learning by Method Based on Multiple Representation. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 5 (2), 30-45.
- Suyanto, Paidi, & Wilujeng, I. 2011. Lembar Kerja Siswa. *Paparan Ilmiah. Universitas Negeri Yogyakarta*. Yogyakarta.
- Suyitno, Amin, Pandoyo, Hidayah, Suhito & Suparyan. 1997. *Dasar dan Proses Pembelajaran Matematika*. Semarang. FMIPA UNNES.
- Suyoso, Suharto dan Sujoko. 1998. *Ilmu Alamiah Dasar*. IKIP. Yogyakarta.
- Tanwil, Muh & Liliarsari. 2013. *Berpikir Kompleks dan Implementasinya dalam Pembelajaran IPA*. Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Terenzini, P. T. 1993. *Influences Affecting the Development of Students' Critical Thinking Skills*. National Center on Post Secondary Teaching, Learning, and Assessment. University Park, PA.
- The International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA)*. 2012. *TIMSS 2011 Science Achievement*. (Online). Tersedia di (<http://timssandpirls.bc.edu/data-release-2011/pdf/Overview-TIMSS-and-PIRLS-2011-Achievement.pdf>), diakses 16 November 2015.
- The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)*. 2012. *The Education for All Development Index*. (Online). Tersedia di (www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/pdf/gmr2012-report-edi.pdf), diakses 29 Maret 2017.
- Treagust, D. F. 2008. The Role of Multiple Representations in Learning Science: Enhancing Students' Conceptual Understanding and Motivation. In Lee, Y.-J. & Tan, A.-L. (eds.), *Science Education at the Nexus of Theory and Practice*, 7-23. Sense Publishers. Rotterdam, The Netherlands.
- Trianto. 2011. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Kencana Prenada Media. Jakarta.
- Trowbridge, L. W. & Bybee, R. W. 1990. *Becoming a Secondary School Science Teacher*. Merrill Publishing & Co. Columbus.
- Tsui, C-Y. & Treagust, D. F. 2003. Genetics Reasoning with Multiple External Representations. *Research in Science Education*, 33, 111–135.

- Tytler, R., Peterson, S., & Prain, V. 2006. Picturing Evaporation: Learning Science Literacy Through a Particle Representation. *Teaching Science*, 52 (1), 12-17.
- Tytler, R., Prain, V., & Peterson, S. 2007. Representational Issues in Students Learning About Evaporation. *Research in Science Education*, 37 (3), 313-331.
- United Nations Development Programme (UNDP). 2013. *Summary Human Development Report 2013. The Rise of the South: Human Progress in a Diverse World*. New York.
- Unsworth, L. 2001. *Teaching Multiliteracies Across the Curriculum: Changing Contexts of Text and Image in Classroom Practice*. Open University Press. Buckingham, Philadelphia.
- Van den Akker, J. 1999. Principles and methods of development research. In *Design approaches and tools in education and training* (pp. 1-14). Springer Netherlands.
- Vermaat, H., Terlouw, C., & Dijkstra, S. 2003. Multiple representations in Web-Based Learning of Chemistry Concepts. *Paper presented at the 84th Annual Meeting of the American Educational Research Association, Special Interest Group Technology, Instruction, Cognition and Learning*; Chicago IL, USA.
- Vessel, M.F. 1965. *Elementary School Science Teaching*. Prentice-Hall of India, Ltd. New Delhi.
- Waldrip, B., Prain, V. & Carolan, J. 2006. Learning Junior Secondary Science through Multi-Modal Representations. *Electronic Journal of Science Education*, 11 (1).
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. 2010. Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. *Research in Science Education*, 40, 65-80.
- Waldrip, B. & Prain, V. 2013. Teachers' Initial Response to a Representational Focus. In Russell Tytler, Vaughan Prain, Peter Hubber and Bruce Waldrip (Eds.). *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 15–30). Sense Publishers. Rotterdam.
- Widowati, Asri. 2009. *Pengembangan Critical Thinking Melalui Penerapan Model PBL (Problem Based Learning) dalam Pembelajaran Sains*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Wu, H.-K., Krajcik, J. S., Soloway, E. 2000. Promoting Conceptual Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization

Tool in the Classroom. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching*. New Orleans, LA.

- Young, R. E. 1980. Testing for Critical Thinking: Issues and Resources. In R. E. Young (Ed.), *New Directions for Teaching and Learning: Fostering Critical Thinking*. San Francisco, Jossey-Bass. CA.
- Young, B. L. 1983. The Selection of Processes, Contexts and Concepts and their Relationship to Methods of Teaching. In: Harlen, W. (ed.). *New Trends in Primary School Science Education*, Vol. 1, p. 7-16. Paris, UNESCO.
- Zhang, J. 1997. The Nature of External Representations in Problem Solving. *Cognitive Science Society*, 21 (2), 179-217.
- Zhang, J. & Norman, D. A. 1994. Representation in Distributed Cognitive Tasks. *Cognitive Science*. 18 (87), 87-122.
- Zhang, J. & Patel, V. L. 2006. Distributed Cognition, Representation, and Affordance. *Pragmatics & Cognition*, 14 (2), 333-341.
- Zulfa. 2009. *Pengembangan Bahan Ajar Matematika*. (Online). Tersedia di (<http://sertifikasigurujalurpendidikan.blogspot.com/2009/01/pengembangan-pembelajaran-matematika.html>), diakses 16 November 2015.