

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN BERBASIS
NATURE OF SCIENCE UNTUK MENSTIMULUS *COMPLEX
PROBLEM SOLVING* DAN *NUMERACY SKILLS*
PADA KONSEP PEMANASAN GLOBAL**

(Tesis)

Oleh

**LAILI FAUZIAH
NPM 2123022006**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN BERBASIS *NATURE OF SCIENCE* UNTUK MENSTIMULUS *COMPLEX PROBLEM SOLVING* DAN *NUMERACY SKILLS* PADA KONSEP PEMANASAN GLOBAL

Oleh

LAILI FAUZIAH

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan program pembelajaran berbasis *nature of science (NOS)* yang valid, praktis, dan efektif. Program pembelajaran berbasis *NOS* terdiri atas empat produk yang dikembangkan, yaitu 1) silabus, 2) rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP), 3) elektronik lembar kerja peserta didik (e-LKPD), 4) *electronic handout (e-Handout)* untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills*. Jenis penelitian ini adalah *Design and Development Research (DDR)* dengan metode campuran (kualitatif dan kuantitatif). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa uji validitas isi dan konstruk penggunaan program pembelajaran sebesar 1) Silabus sebesar 92.3% dengan kategori sangat tinggi 2) RPP sebesar 96.3% dengan kategori sangat tinggi 3) e-LPKD 94.38% dengan kategori dengan kategori sangat tinggi 4) *e-Handout* sebesar 96.7% dengan kategori sangat tinggi. Uji validitas media dan desain penggunaan program pembelajaran sebesar 1) e-LPKD 93.4% dengan kategori sangat tinggi 2) *e-Handout* sebesar 95.2% dengan kategori sangat tinggi. Hasil kepraktisan program pembelajaran berbasis *NOS* terkategori sangat tinggi, yaitu keterlaksanaan program pembelajaran dengan skor persentase 100%, uji keterbacaan dengan skor persentase 98.08% dan uji kemenarikan dengan skor persentase 97%. Keefektifan program pembelajaran berbasis *NOS* mendapat skor *N gain* sebesar 0.75 dengan *effect size* sebesar 0.811 dengan kategori tinggi serta *sig.* $0.000 < 0.05$ yang menunjukkan adanya perbedaan rata-rata antar kelas eksperimen dan kelas kontrol. Produk akhir berupa program pembelajaran berbasis *nature of science* untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills*.

Kata kunci: Program pembelajaran, *nature of science*, *complex problem solving*, *numeracy skills*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A NATURE OF SCIENCE-BASED LEARNING PROGRAM TO STIMULATE COMPLEX PROBLEM SOLVING AND NUMERACY SKILLS IN THE CONCEPT OF GLOBAL WARMING

By

LAILI FAUZIAH

This research aims to develop a valid, practical, and effective nature of science (NOS) based learning program. The NOS-based learning program is contained in four products developed, namely 1) syllabus, 2) learning implementation plans, 3) electronic student worksheets (e-LKPD), 4) electronic handouts (e-Handout) to stimulate complex problem solving and numeracy skills. This type of research is Design and Development Research (DDR) with mixed methods (qualitative and quantitative). The results of this study indicate that the content and construct validity test of the use of learning programs is 1) syllabus is 92.3% in the very high category 2) lesson plans are 96.3% in the very high category 3) e-LPKD is 94.38% in the very high category 4) e -Handout of 96.7% with very high category. Test the validity of the media and the design of the use of learning programs by 1) e-LPKD 93.4% in the very high category 2) e-Handout by 95.2% in the very high category. The results of the practicality of the NOS-based learning program were in a very high category, namely the implementation of the learning program with a percentage score of 100%, the readability test with a percentage score of 98.08% and the attractiveness test with a percentage score of 97%. The effectiveness of the NOS-based learning program got an N gain score of 0.75 with an effect size of 0.811 in the high category and sig. $0.000 < 0.05$ which indicates that there is an average difference between the experimental class and the control class. The final product is a nature of science based learning program to stimulate complex problem solving and numeracy skills.

Key words: Learning program, nature of science, complex problem solving, numeracy skills

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN BERBASIS
NATURE OF SCIENCE UNTUK MENSTIMULUS *COMPLEX
PROBLEM SOLVING* DAN *NUMERACY SKILLS*
PADA KONSEP PEMANASAN GLOBAL**

Oleh
LAILI FAUZIAH

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA

Pada

**Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Tesis : **PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN BERBASIS NATURE OF SCIENCE UNTUK MENSTIMULUS *COMPLEX PROBLEM SOLVING* DAN *NUMERACY SKILLS* PADA KONSEP PEMANASAN GLOBAL**

Nama Mahasiswa : **Laili Fauziah**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2123022006**

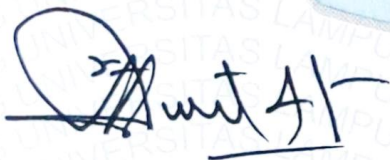
Program Studi : **Magister Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

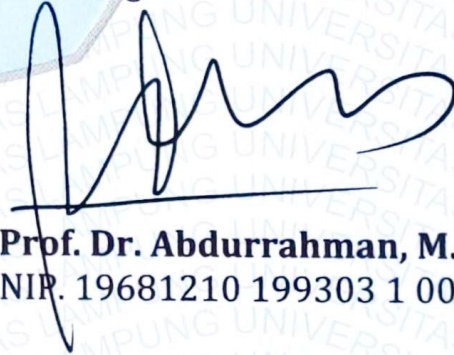
Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP. 19650616 199102 2 001



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

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.
NIP. 19600301 198503 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Kartini Herlina, M.Si.**

Sekretaris : **Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.**

Penguji Anggota : **Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.**

Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.

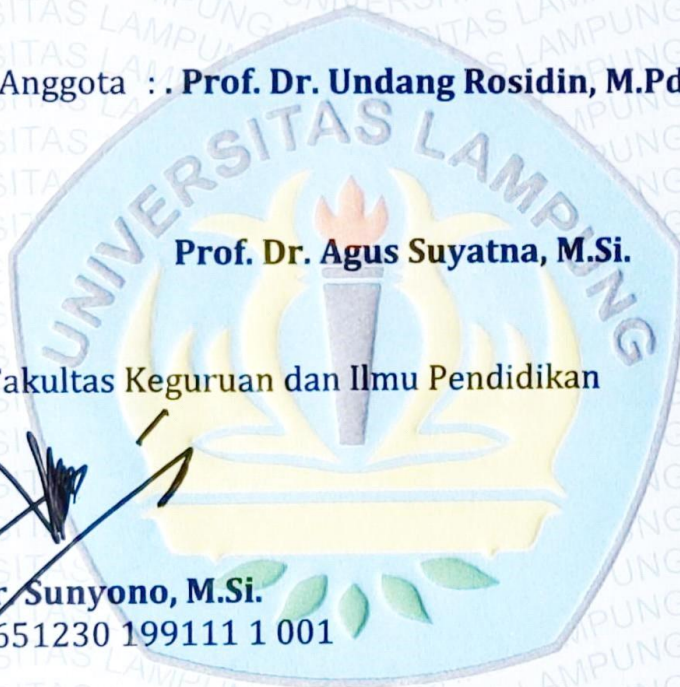
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Dr. Sunyono, M.Si.
NIP. 19651230 199111 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ahmad Saudi Samosir, M.T.
NIP. 19710415 199803 1 005

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : **29 Maret 2023**



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Laili Fauziah
NPM : 2123022006
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika
Jurusan : Pendidikan MIPA
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

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

Bandar Lampung, 03 April 2023



Laili Fauziah
NPM 2123022006

RIWAYAT HIDUP

LAILI FAUZIAH. Anak pertama dari empat bersaudara pasangan Bapak Damhuri dan Ibu Marlina. Lahir di Bandar Lampung, 14 Juli 1996. Tempat tinggal di Komplek DPL Desa Negeri Sakti RT/RW 002/005, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

Riwayat Pendidikan. Jenjang pendidikan yang telah di tempuh penulis diantaranya SDN 2 Negeri Sakti lulus pada tahun 2008, MTS Diniyyah Putri Lampung lulus pada tahun 2011, MA Diniyyah Putri Lampung 2014, S1 Program Studi Tadris Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta 2020. Penulis tercatat sebagai mahasiswi program pasca sarjana Universitas Lampung, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Magister Pendidikan Fisika.

Email. lailifauziah14@gmail.com

MOTTO

Semua yang ada di muka bumi ini akan binasa

(Q.S. Ar Rahman: 26)

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal

(Q.S. Ali Imron 190 – 191)

Setiap orang ada masanya, setiap masa ada orangnya

(Laili Fauziah)

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Program Pembelajaran Berbasis *Nature of Science* untuk Menstimulus *Complex Problem Solving* dan *Numeracy Skills* Pada Konsep Pemanasan Global”. Solawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Tesis ini tidak mungkin selesai tanpa pihak-pihak yang terus memberikan bimbingan, doa, semangat serta bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Apresiasi dan terima kasih dipersembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang dirahmati Allah, Ayah Damhuri S. Ag dan Emak Marlina S. Ag yang selalu memberikan dukungan baik berupa materi, moril, dan doa yang tidak pernah putus. Ketiga adik tercinta Afrilia Ulfa Tussaniah, Muhammad Raihan Amin, dan Sameera Kamilia Amani yang telah memberikan doa kepada penulis.
2. Keluarga MPFis21 Munadhirotul Azizah, Ibu Deni Anggraini, Karlina Rahmah, Apri Dwi Sulisty, Fitri Mardhotillah Gumay, Ibu Novi Tri Rahayu Ningsih, Alda Novita Sari, Ahmad Saroji, dan Septina Sri Haryanti yang selalu berbagi suka dan duka, sejak semester satu. Terima kasih sudah berjuang bersama semoga 10/10 segera alumni.
3. Keluarga besar Yayasan Bina Auladina Indonesia Kreatif, khususnya SMPIT Auladina Indonesia, yang telah memberikan ruang untuk terus belajar seluas mungkin, memberikan waktu dan kesempatan untuk melanjutkan studi pasca sarjana, dan penyesuaian jam mengajar di sekolah. Anak – anak ustadzah laili

Kelas 8 Abu Bakar dan Kelas 7 Al fatih yang selalu memberi keberkahan dan pembelajaran.

4. Orang tua siswa privat dan seluruh siswa privat Kirana, Micah, Viktor, Atikah, Anika, Fachry, Keyla, Rayyan, Dio, Qia, Jemima, dan Jessica. Terima kasih telah menerima dan memberikan kakak kesempatan belajar dan mengajar tentang mendidik menjadi guru, kakak, dan anak.
5. Ibu Fathiah Alatas, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi ketika menuntut ilmu di Tadris Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, ilmu yang ibu berikan dalam mengerjakan tugas akhir sangat bermanfaat dan memberi kemudahan dalam melanjutkan studi pasca sarjana.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis selama pendidikan dan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dan tesis ini.

Semoga segala bentuk bantuan, dukungan, saran dan bimbingan yang diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT. Mudah-mudahan tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 03 April 2023

Laili Fauziah

SANWACANA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Program Pembelajaran Berbasis *Nature of Science* untuk Menstimulus *Complex Problem Solving* dan *Numeracy Skills* Pada Konsep Pemanasan Global” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Pasca Sarjana Pendidikan Fisika di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Pasca Sarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.
4. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Sekaligus, selaku Pembahas I yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini.
5. Ibu Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung sekaligus, selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini.
6. Bapak Prof. Dr. Abdrrahman, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini.

7. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembahas II atau perwakilan program studi yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini.
8. Bapak Dr. Doni Andra, M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada penulis selama penyusunan tesis ini.
9. Bapak B. Anggit Wicaksono, S.Pd., M.Si dan Bapak Ridwan Dery Iradat S.Pd., M.Si selaku validator yang telah memberikan masukan dan memvalidasi produk yang dikembangkan.
10. Seluruh dosen, staff, dan karyawan FKIP Universitas Lampung, khususnya Program Studi Magister Pendidikan Fisika yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pemahaman, dan pelayanan selama proses perkuliahan.
11. Bapak Ahmad Suhail A., M.Ed. selaku Kepala MA Diniyyah Putri Lampung yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
12. Bapak Agus Herwanto, M.Ed. selaku guru bidang studi fisika MA Diniyyah Putri Lampung yang telah membimbing selama penelitian berlangsung
13. Dewan guru, staff, karyawan, dan peserta didik MA Diniyyah Putri Lampung khususnya kelas 3K2, 3K3, 2K2, dan 2K3 yang membantu penulis selama proses penelitian.

Semoga segala bentuk bantuan, dukungan, saran dan bimbingan yang diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT. Mudah-mudahan tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 03 April 2023

Laili Fauziah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang Masalah.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Kajian Teori.....	9
2.1.1 Program Pembelajaran.....	9
2.1.2 <i>e-Learning</i>	14
2.1.2 Multimedia.....	14
2.1.3 <i>Nature of Science</i>	15
2.1.4 <i>Complex Problem Solving</i>	19
2.1.5 <i>Numeracy Skills</i>	22
2.1.7 <i>Social Constructivist Theory</i>	24
2.1.8 <i>Schematha Theory</i> (Teori Skema).....	24
2.1.9 <i>Written Communication</i>	25
2.1.10 Pemanasan Global.....	25
2.2 Penelitian yang Relevan.....	29
2.3 Kualitas Produk Pembelajaran.....	31
2.4 Kerangka Pemikiran.....	32
III. METODE PENELITIAN	36
3.1 Desain Penelitian Pengembangan.....	36

3.2	Prosedur Pengembangan Produk.....	36
3.3	Instrumen Penelitian.....	41
3.4	Matriks Ringkasan Metode Penelitian	46
3.5	Teknik Analisis Data.....	47
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1	Hasil	51
4.1.1.	Tahap <i>Analysis</i>	51
4.1.2.	Tahap <i>Design</i>	53
4.1.3.	Tahap <i>Development</i>	58
4.1.4.	Tahap <i>Evaluation</i>	73
4.2	Pembahasan.....	74
4.2.1.	Kevalidan	75
4.2.2.	Kepraktisan.....	76
4.2.3.	Kefektifan.....	78
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1	Kesimpulan	86
5.2	Saran.....	87
	DAFTAR PUSTAKA	89
	LAMPIRAN.....	99

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Indikator <i>Nature of Science</i>	16
2. Indikator <i>CPS</i>	19
3. Berbagai Definisi <i>Numeracy Skills</i>	22
4. Indikator <i>Numeracy Skills</i>	22
5. Penelitian yang Relevan.....	29
6. Skala Likert pada Angket Uji Validitas.	42
7. Skala Likert pada Angket Uji Kepraktisan.	42
8. Kriteria Kevalidan Instrumen <i>Test</i>	43
9. Kriteria Koefisien Korelasi	43
10. Kriteria Koefisien Korelasi	44
11. Kategori Indeks Kesukaran.....	45
12. Klasifikasi Data Pembeda	45
13. Ringkasan Metode Penelitian.....	46
14. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk.....	47
15. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk.....	48
16. Klasifikasi Nilai <i>N gain</i>	49
17. Kriteria Nilai <i>Effect Size</i>	50
18. Hasil Uji Validitas Materi dan Konstruksi Silabus Berbasis <i>NOS</i>	59
19. Komentar dan Saran Validasi Materi dan Konstruksi Silabus	59
20. Hasil Uji Validitas Materi dan Konstruksi RPP Berbasis <i>NOS</i>	59
21. Komentar dan Saran Validasi Materi dan Konstruksi RPP oleh Validator	60
22. Hasil Uji Validitas Materi dan Konstruksi e-LKPD Berbasis <i>NOS</i>	60
23. Komentar dan Saran Validasi Materi dan Konstruksi e-LKPD.....	61
24. Hasil Uji Media dan Desain e-LKPD Berbasis <i>NOS</i>	61
25. Hasil Komentar dan Saran Validasi Media dan Desain e-LKPD	61
26. Hasil Uji Validitas Materi dan Konstruksi <i>e-Handout</i> Berbasis <i>NOS</i>	62

27. Komentar dan Saran Validasi Materi dan Konstruk <i>e-Handout</i>	62
28. Hasil Uji Media dan Desain <i>e-Handout</i> Berbasis <i>NOS</i>	63
29. Komentar dan Saran Validasi Media dan Desai <i>e-Handout</i>	63
30. Hasil Uji Validitas Penilaian <i>NOS</i> Pada Program Pembelajaran.....	63
31. Komentar dan Saran Penilaian <i>NOS</i> Program Pembelajaran.....	64
32. Hasil Uji Validitas Instrumen Tes.....	64
33. Hasil Uji Reliabilitas	64
34. Kategori Indeks Kesukaran	65
35. Hasil Uji Daya Pembeda	65
36. Hasil Kepraktisan.....	66
37. Ukuran Pemusatan dan Penyebaran Data Nilai <i>Pretest</i>	66
38. Ukuran Pemusatan dan Penyebaran Data Nilai <i>Posttest</i>	67
39. Rekapitulasi Data Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	68
40. Hasil Uji Normalitas Nilai <i>Pretest</i> dan Nilai <i>Posttest</i>	69
41. Varian Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	69
42. Hasil Uji Beda <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	70
43. Hasil Rata-Rata <i>N Gain</i> Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	71
44. Hasil Rata-Rata <i>N Gain</i> Enam Aspek <i>CPS</i>	71
45. Hasil Rata-Rata <i>N Gain Numeracy Skills</i> -Domain Kognitif dan Proses.....	72
46. Hasil Rata-Rata <i>N Gain Numeracy Skills</i> -Domain Pengetahuan.....	72
47. Hasil <i>Effect Size</i>	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Kerangka Pemikiran.....	32
2. Diagram Alur Penelitian.	37
3. Desain e-LKPD	39
4. Desain <i>e-Handout</i>	40
5. Tampilan RPP Berbasis <i>NOS</i>	54
6. Tampilan e-LKPD Berbasis <i>NOS</i>	55
7. Tampilan e-handout Berbasis <i>NOS</i>	57
8. Penggunaan multimedia	77
9. Keterlibatan dan Ragam Konten	77
10. Aksebilitas Program Pembelajaran	78
11. Konfigurasi dan Kemudahan Distribusi Program Pembelajaran	78
12. Aspek mengartikulasikan masalah pada e-LKPD.....	79
13. Tahapan-Tahapan dan Penanggung Jawab Proyek	80
14. Mematikan Lampu dan Menghabiskan Makanan	81
15. Masalah Peningkatan Gas Rumah Kaca	82
16. Identifikasi Peserta didik Mengenai Peningkatan Gas Rumah Kaca	82
17. Memilah Sampah Organik dan Anorganik	83
18. Penggunaan Tumbler dan Mengambil Makan Secukupnya.....	83
19. Kebiasaan Peserta didik Dalam Menanggulangi Pemanasan Global.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Silabus	104
2. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Berbasis <i>NOS</i>	108
3. e-LKPD Berbasis <i>NOS</i>	121
4. <i>e-Handout</i> Berbasis <i>NOS</i>	160
5. Instrumen Tes Uji Coba Penelitian	194
6. Analisis Hasil Uji Validitas Instrumen	205
7. Analisis Hasil Uji Reliabilitas Instrumen.....	206
8. Analisis Uji Daya Pembeda Instrumen	211
9. Uji Taraf Kesukaran Intrumen	212
10. Rekapitulasi Analisis Butir Soal	213
11. Lembar Soal Instrumen Tes <i>CPS</i> dan <i>Numeracy Skills</i>	214
12. Lembar Skala Validasi Ahli Materi dan Konstruk Program Pembelajaran ..	218
13. Lembar Skala Validasi Media dan Desain	242
14. Analisis Hasil Validasi Materi dan Konstruk Silabus.....	247
15. Analisis Hasil Validasi Materi dan Konstruk RPP	248
16. Analisis Hasil Validasi Materi dan Konstruk e-LKPD	249
17. Analisis Hasil Validasi Materi dan Konstruk <i>e-Handout</i>	250
18. Analisis Hasil Validasi Media dan Desain e-LKPD	251
19. Analisis Hasil Validasi Media dan Desain <i>e-Handout</i>	252
20. Lembar Skala Kemenarikan Program Pembelajaran	253
21. Lembar Skala Kemenarikan Program Pembelajaran	255
22. Analisis Kemenarikan Program Pembelajaran.....	257
23. Analisis Hasil Angket Keterbacaan Program Pembelajaran	258
24. Hasil Pretest Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	260
25. Hasil Posttest Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	261
26. Hasil Statistik Deskriptif <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	262

27. Hasil Olah Data Pretest <i>CPS</i> dan <i>Numeracy Skills</i>	263
28. Hasil Olah Data Posttest <i>CPS</i> dan <i>Numeracy Skills</i>	265
29. Uji Normalitas Nilai <i>Pretest</i>	267
30. Uji Normalitas Nilai <i>Posttest</i>	268
31. Uji Beda Rata-Rata Hasil <i>Pretest</i>	269
32. Uji Beda Rata-Rata Hasil <i>Posttest</i>	271
33. Uji <i>N Gain</i> Kelas Eksperimen.....	273
34. Uji <i>N gain</i> Kelas Kontrol	274
35. Hasil <i>Effect Size</i>	275
36. Surat Permohonan Izin Penelitian.....	277
37. Surat Keterangan Penelitian.....	278
38. Dokumentasi Penelitian	279

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Keterampilan abad ke-21 bertujuan untuk melatih peserta didik supaya berhasil dalam pekerjaan dan kehidupan (Lundy & Stephens, 2015; Megahed & Osman, 2020; Zorlu & Zorlu, 2021). Keterampilan abad 21 meliputi *learning & innovation skills-4C* (*critical thinking & problem solving, communication, collaboration, creativity*), *life & career skills*, dan *information, media & technology skills* (Partnership for 21st Century learning, 2019). Enam keterampilan abad 21 tersebut menambah tuntutan subjek pada pembelajaran abad 21 tidak hanya berfokus kepada tema utama, namun harus menyisipkan interdisipliner subjek, penggunaan teknologi, dan kesadaran akan masalah lingkungan. Salah satu usaha yang dilakukan pemerintah untuk menjawab tantangan dan mengimplementasikan keterampilan abad 21 dengan menggulirkan Kurikulum 2013.

Kemdikbud (2017) mengatakan implementasi Keterampilan Abad 21 Kurikulum 2013 di sekolah menengah atas memiliki dua tujuan utama, yaitu 1) meningkatkan pemahaman guru kepala sekolah, pengawas, dan penyelenggara pendidikan lainnya tentang keterampilan Abad 21 dan implementasinya dalam pembelajaran, 2) meningkatkan profesionalisme guru untuk memenuhi tuntutan pengembangan kecakapan peserta didik yang sesuai dengan keterampilan Abad 21. Tujuan tersebut dapat tercapai jika diimplementasikan secara utuh melalui program pembelajaran yang dimuati dengan keterampilan abad 21 (Kemdikbud, 2017).

Sesuai anjuran pemerintah program pembelajaran tersebut dapat dimulai dengan menganalisis kompetensi inti dan kompetensi dasar pada Kurikulum 2013 sampai menyusun rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) dan melakukan penilaian hasil belajar. Keterampilan Abad 21 dapat dikembangkan sesuai dengan karakteristik KD dan materi yang akan dibahas. Pemerintah juga menganjurkan penggunaan model pembelajaran, yaitu 1) *Inquiry* 2) *problem-based learning* 3) *project-based learning* 4) *discovery learning* (Aldabbus, 2018; Chu *et al.*, 2021). Anjuran aktivitas pembelajaran dengan penggunaan empat model pembelajaran tersebut diharapkan mampu melatih keterampilan abad 21 yang memiliki tuntutan berpikir tingkat tinggi (C4-C6) (Widiawati *et al.*, 2018). Namun faktanya di lapangan program pembelajaran yang mampu melatih keterampilan abad 21 belum sesuai.

Berdasarkan hasil angket, wawancara, LKPD dan RPP yang digunakan guru SMA menunjukkan adanya ketidaksesuaian. Hal ini terlihat pada perumusan indikator pencapaian kompetensi (IPK) belum sampai pada level kognitif yang dibutuhkan untuk memiliki keterampilan abad 21. IPK yang digunakan hanya sebatas penggunaan kata kerja operasional (KKO) seperti mendeskripsikan, menjelaskan, menganalisis dan mengajukan ide tanpa diiringi kegiatan yang spesifik, sehingga pada skenario pembelajaran yang dirancang belum memuat kegiatan untuk melatih keterampilan abad 21 seperti kegiatan mengidentifikasi, mengartikulasikan mengomunikasikan, mengajukan solusi, menetapkan rencana, merepresentasikan dan menyelesaikan masalah.

Pada umumnya guru sudah mengenal empat model pembelajaran yang dianjurkan oleh pemerintah, yaitu 1) *Inquiry* 2) *problem-based learning* 3) *project-based learning* 4) *discovery learning* (Aldabbus, 2018; Chu *et al.*, 2021), namun pada penerapannya masih kurang sesuai. Tahapan orientasi pada pembelajaran masih bersifat konvensional seperti mengecek kehadiran, menyampaikan tujuan pembelajaran dan menyiapkan peserta didik tanpa disisipkan orientasi masalah atau fenomena sehari-hari yang menjadi bagian sintaks ke empat model pembelajaran yang dianjurkan. Kegiatan inti pada pembelajaran belum

direncanakan dengan baik hal ini terlihat adanya ketidak sesuaian hasil angket dan RPP yang digunakan yang berdampak kepada kegiatan untuk melatih keterampilan abad 21 perlu dikembangkan dengan tepat. Kegiatan penutup hanya sebatas bersama-sama menarik kesimpulan, memberikan latihan soal, dan doa.

Alokasi waktu juga menjadi kendala guru dalam mengajarkan materi pemanasan global yang terletak diakhir semester kelas XI. Materi pemanasan global sering diajarkan melalui kegiatan mandiri peserta didik dengan mencari sumber informasi di internet, kemudian langsung menerapkan pada permasalahan, proyek pengamatan dan latihan soal tanpa melalui proses kegiatan belajar mengajar yang sesuai. Padahal materi pemanasan global merupakan materi yang harus diajarkan dan menjadi tuntutan pendidikan di dunia. Materi pemanasan global masih menjadi salah satu topik dan permasalahan utama yang terdapat pada instrumen *assessment* nasional dan internasional seperti *numeracy skills* dalam mengukur keterampilan abad 21 (Kemdikbud, 2020; OECD, 2015, 2019) .

Numeracy skills sangat diperlukan dalam mencapai tujuan keterampilan abad 21 (Kivunja, 2015; Malik, 2018). *Numeracy skills* adalah kemampuan berpikir menggunakan konsep, prosedur, fakta, dan mengakomodasi alat matematika untuk menyelesaikan masalah nyata pada konteks individu, kelompok, dan masyarakat sebagai warga negara yang reflektif (Askew, 2015; Geiger *et al.*, 2015; Patel *et al.*, 2019). *Numeracy skills* menjadi salah satu kemampuan penting yang diukur sebagai gambaran tingkat keberhasilan kurikulum pendidikan di Indonesia (Kemdikbud, 2020). Namun *numeracy skills* peserta didik Indonesia masih terbelakang (Beatty, 2013; Rohendi, 2019). Keikutsertaan Indonesia pada *assessment international* untuk mengukur *numeracy skills* masih jauh di bawah rata-rata dunia (Barnes & Cross, 2021; OECD, 2015, 2019).

Rendahnya *numeracy skills* peserta didik Indonesia disebabkan banyak hal, yaitu sistem pendidikan, kurikulum, program pembelajaran, sumber belajar, dan bahan ajar yang belum mendukung untuk meningkatkan *numeracy skills* (Fenanlampir *et al.*, 2019; Luschei, 2017). Hasil wawancara dengan guru Fisika dan IPA di

Provinsi Lampung, Guru sudah mengetahui *numeracy skills*, tetapi belum menggunakan program pembelajaran secara utuh yang mampu melatih *numeracy skills*. Kemampuan *numeracy skills* sangat dibutuhkan dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi peserta didik dalam konteks keseharian maupun masalah global (Gal *et al.*, 2020; Mullis *et al.*, 2009). Sehingga *numeracy skills* perlu dikuatkan untuk membangun *complex problem solving*.

Complex problem solving (CPS) adalah proses interaktif yang menyediakan akses empiris untuk penyelidikan terperinci (Eichmann *et al.*, 2019; Thomann *et al.*, 2019). Salah satu masalah kompleks yang dihadapi semua warga negara adalah pemanasan global (Bouman *et al.*, 2020; Nukusheva *et al.*, 2021). Gejala dan dampak pemanasan global seperti emisi karbon, efek rumah kaca, dan naiknya suhu di bumi menjadi masalah kompleks yang belum terselesaikan (Gao *et al.*, 2021). Pemanasan global merupakan masalah bersama yang melibatkan unsur sosial, budaya, lingkungan, ekonomi, dan pendidikan (Gao *et al.*, 2021). Konsep pemanasan global telah menjadi bagian kurikulum pendidikan di berbagai negara (Kurup *et al.*, 2021). Namun, tujuan mempelajari konsep pemanasan global sebagai upaya peserta didik dapat menganalisis gejala, dampak, dan memberikan solusi terhadap pemanasan global belum tercapai (Lehnert *et al.*, 2020).

Banyak peserta didik yang belum menyadari peran mereka untuk menanggulangi pemanasan global (Shields, 2019). Penelitian menunjukkan hanya 5.1% dari 1035 peserta didik dapat menjelaskan efek rumah kaca dengan lengkap dan benar dan hanya 6.89% peserta didik yang menyatakan bahwa pemanasan global ulah manusia yang tidak bertanggung jawab (Seyedmehdi *et al.*, 2013). Penelitian menunjukkan kurangnya pengetahuan dasar yang ilmiah dapat mengurangi pemahaman dan keterampilan argumentasi dalam menyelesaikan masalah berdasarkan bukti yang konkret (Varela-Losada *et al.*, 2018). Hal ini menunjukkan peserta didik belum mampu menyelesaikan masalah yang kompleks. Masalah yang kompleks memiliki faktor-faktor yang saling berkaitan dan peserta didik sering mengabaikan beberapa petunjuk kecil, yang sebenarnya merupakan faktor penting dalam proses pemecahan masalah (Eseryel *et al.*, 2013). Sehingga

dibutuhkan program pembelajaran secara utuh yang mampu melatih *CPS* dan *numeracy skills* peserta didik khususnya pada konsep pemanasan global.

Salah satu solusi yang dipandang mampu mengatasi masalah tersebut adalah *Nature of Science (NOS)*. *NOS* mampu meningkatkan pemahaman peserta didik tentang konsep sains dan memungkinkan mereka membuat keputusan berdasarkan informasi tentang masalah pribadi dan sosial berbasis ilmiah (Boersema, 2020). Pandangan ini sejalan dengan tuntutan pendidikan sains dunia bahwa gagasan *NOS* harus dimasukkan ke dalam pembelajaran (Cofré *et al.*, 2019; Erduran *et al.*, 2019). Tren ini mengakibatkan banyak peneliti menyelidiki sejauh mana *NOS* sudah diterapkan dalam pembelajaran. Diantara hasil penelitian tersebut ditemukan representasi *NOS* dalam sumber belajar, termasuk buku teks menjadi fokus perhatian karena memiliki peran penting dalam membimbing instruksi dan pembelajaran (Vincent-Ruz & Schunn, 2018; Vojír & Rusek, 2019; Zhuang, 2021). Pemahaman *NOS* membantu peserta didik untuk meningkatkan kesadaran terhadap masalah yang kompleks, memahami proses sains, memahami norma masyarakat, dan menghargai sains sebagai salah satu elemen budaya (Akgun & Kaya, 2020).

Namun sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Zhuang (2021), Gathong (2019), Prima (2018) dan Supahar (2017) mengenai *NOS*, pada umumnya hanya bersifat kualitatif untuk mendeskripsikan representasi *NOS* pada buku teks yang digunakan peserta didik, mengembangkan instrumen keterampilan proses sains berbasis *NOS*, melihat kesesuaian *NOS* dengan kompetensi dasar pada konsep pemanasan global, merancang kegiatan laboratorium yang terstruktur dengan baik berbasis *NOS* untuk meningkatkan pemahaman konsep. Sehingga penting untuk mengembangkan produk yang mampu mengakomodir ketermuatan *NOS* secara utuh berupa program pembelajaran dalam bentuk silabus, RPP, e-LKPD, dan *e-Handout* berbasis *NOS* yang valid, praktis, dan efektif untuk melatih *CPS* dan *numeracy skills* pada konsep pemanasan global.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana program pembelajaran menggunakan *NOS* yang valid untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills* peserta didik pada konsep pemanasan global?
2. Bagaimana kepraktisan program pembelajaran menggunakan *NOS* untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills* peserta didik pada konsep pemanasan global?
3. Bagaimana keefektifan program pembelajaran menggunakan *NOS* untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills* peserta didik pada konsep pemanasan global?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, disusun tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan program pembelajaran menggunakan *NOS* yang valid untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills* peserta didik pada konsep pemanasan global.
2. Mendeskripsikan kepraktisan program pembelajaran menggunakan *NOS* untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills* peserta didik pada konsep pemanasan global.
3. Mendeskripsikan keefektifan program pembelajaran menggunakan *NOS* untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills* peserta didik pada konsep pemanasan global.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan sumbangan ilmiah dalam pembelajaran fisika, yaitu program pembelajaran berbasis *nature of science* pada konsep pemanasan global dalam menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills*.

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang dapat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut.

- a. Bagi peneliti, dapat menambah wawasan, pengalaman, dan bekal dalam pengembangan program pembelajaran berbasis *nature of science*.
- b. Bagi pendidik, memberikan pengetahuan baru terkait pembelajaran dengan program berbasis *nature of science*.
- c. Bagi peserta didik, memberikan pengalaman belajar yang berbeda dan diharapkan dapat menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills*.
- d. Bagi dunia pendidikan dapat memberikan sumbangan pemikiran berupa upaya dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika.
- e. Bagi peneliti selanjutnya, dapat menjadi contoh inovasi dalam bentuk pengembangan program pembelajaran.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut.

1. Produk yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini adalah program pembelajaran berbasis *nature of science* yang meliputi silabus, RPP, e-LKPD, dan *e-Handout*.
2. Program pembelajaran yang dikembangkan adalah untuk pembelajaran Fisika kelas XI semester genap, konsep pemanasan global.
3. *Nature of science* yang digunakan adalah *nature of science* menurut Next Generation Science Standards (NGSS).
4. e-LKPD dan *e-Handout* yang dikembangkan berbantuan aplikasi *canva*.

5. Validasi produk terdiri dari validasi isi serta validasi media dan desain oleh 3 ahli, yaitu 1 Dosen Magister Pendidikan Fisika, 1 Praktisi Pendidikan, dan 1 Guru Fisika SMA yang telah menyelesaikan Program Magister Pendidikan Fisika.
6. Kepraktisan pada penelitian pengembangan ini ditinjau dari segi keterlaksanaan program pembelajaran, kemenarikan dan keterbacaan.
7. Efektivitas produk dilakukan untuk mengukur *complex problem solving* dan *numeracy skills* peserta didik pada dua kelas, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen diberi perlakuan berupa penerapan program pembelajaran berbasis *nature of science*, sedangkan kelas kontrol menerapkan program pembelajaran konvensional.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Program Pembelajaran

Pembelajaran membutuhkan perencanaan matang dan terkoordinasi dengan baik untuk memastikan keberhasilan proses pembelajaran. Terdapat keterlibatan dari berbagai pihak, baik guru maupun peserta didik, dan memiliki hubungan erat antar kegiatan pembelajaran untuk mencapai kompetensi dalam bidang studi.

McDavid *et al* (2018), mendefinisikan program sebagai hubungan makna yang dirancang dan diterapkan dengan tujuan tertentu. Suatu program dapat dipahami sebagai kelompok dari aktivitas yang dimaksudkan untuk mencapai satu atau terkait beberapa sasaran hasil. Yusuf (2000) mengartikan program sebagai rangkaian kegiatan yang direncanakan dengan hati-hati dan dilaksanakan secara terus-menerus, dengan tujuan untuk mencapai hasil atau pengaruh tertentu.

Program pembelajaran adalah serangkaian kegiatan belajar yang direncanakan meliputi kegiatan belajar, mengajar, dan penilaian. Program pembelajaran berarti kegiatan pembelajaran yang berurutan, terkait pengimplementasian kurikulum, yang mengarah pada pencapaian kualifikasi tertentu (Nkomo, 2000). Dalam mengemas program pembelajaran, hasil dari satu komponen menjadi masukan bagi komponen lain. Beberapa komponen yang berinteraksi dalam sistem pembelajaran meliputi peserta didik, tujuan, metode, media, strategi

pembelajaran, evaluasi, dan umpan balik (Pribadi, 2009). Komponen-komponen program pembelajaran tersebut diintegrasikan ke dalam produk pengembangan program pembelajaran berbasis *NOS* yang meliputi:

1. Silabus

Menurut Permendikbud No. 22 Tahun 2016, silabus merupakan acuan penyusunan kerangka pembelajaran untuk setiap bahan kajian mata pelajaran.

Silabus paling sedikit memuat:

- a. Identitas mata pelajaran (khusus SMP/MTs/SMPLB/Paket B dan SMA/MA/SMALB/SMK/MAK/Paket C/ Paket C Kejuruan).
- b. Identitas sekolah meliputi nama satuan pendidikan dan kelas.
- c. Kompetensi inti, merupakan gambaran secara kategorial mengenai kompetensi dalam aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang harus dipelajari peserta didik untuk suatu jenjang sekolah, kelas dan mata pelajaran.
- d. Kompetensi dasar, merupakan kemampuan spesifik yang mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang terkait muatan atau mata pelajaran.
- e. Tema (khusus SD/MI/SDLB/Paket A).
- f. Materi pokok, memuat fakta, konsep, prinsip, dan prosedur yang relevan, dan ditulis dalam bentuk butir-butir sesuai dengan rumusan indikator pencapaian kompetensi.
- g. Pembelajaran, yaitu kegiatan yang dilakukan oleh pendidik dan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.
- h. Penilaian, merupakan proses pengumpulan dan pengolahan informasi untuk menentukan pencapaian hasil belajar peserta didik.
- i. Alokasi waktu sesuai dengan jumlah jam pelajaran dalam struktur kurikulum untuk satu semester atau satu tahun.
- j. Sumber belajar, dapat berupa buku, media cetak dan elektronik, alam sekitar atau sumber belajar lain yang relevan.

Silabus dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Lulusan dan Standar Isi untuk satuan pendidikan dasar dan menengah sesuai dengan pola pembelajaran pada setiap tahun ajaran tertentu. Silabus digunakan sebagai acuan dalam pengembangan rencana pelaksanaan pembelajaran

2. RPP

Pembelajaran yang berkualitas tidak akan terjadi secara alami hanya dengan harapan bahwa pengalaman yang berarti dan relevan akan muncul saat kelas. Melainkan harus melalui perencanaan yang baik, yang tertulis dalam dokumen bernama Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP). RPP merupakan panduan mengajar yang disusun guru dalam rangka mencapai tujuan pembelajaran. RPP dapat difungsikan sebagai pengingat bagi guru mengenai hal-hal yang harus dipersiapkan (Ramadhani *et al.*, 2020).

Menurut Permendikbud No. 22 Tahun 2016, RPP adalah rencana kegiatan pembelajaran tatap muka untuk satu pertemuan atau lebih. RPP dikembangkan dari silabus untuk mengarahkan kegiatan pembelajaran peserta didik dalam upaya mencapai Kompetensi Dasar (KD). Setiap pendidik pada satuan pendidikan berkewajiban menyusun RPP secara lengkap dan sistematis agar pembelajaran berlangsung secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, efisien, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik. RPP disusun berdasarkan KD atau subtema yang dilaksanakan kali pertemuan atau lebih. Adapun komponen RPP terdiri atas:

- a. Identitas sekolah.
- b. Identitas mata pelajaran atau tema/subtema.
- c. Kelas/semester.
- d. Materi pokok.

- e. Alokasi waktu ditentukan sesuai dengan keperluan untuk pencapaian KD dan beban belajar dengan mempertimbangkan jumlah jam pelajaran yang tersedia dalam silabus dan KD yang harus dicapai.
- f. Tujuan pembelajaran yang dirumuskan berdasarkan KD, dengan menggunakan kata kerja operasional yang dapat diamati dan diukur, yang mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan.
- g. Kompetensi dasar dan indikator pencapaian kompetensi.
- h. Materi pembelajaran, memuat fakta, konsep, prinsip, dan prosedur yang relevan, dan ditulis dalam bentuk butir-butir sesuai dengan rumusan indikator ketercapaian kompetensi.

3. e-LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) memiliki enam struktur komponen yang membantu guru dalam mencapai tujuan kegiatan pendidikan. Struktur komponen tersebut meliputi: judul materi, petunjuk belajar, kompetensi dasar, informasi pendukung, tugas atau langkah kerja, dan penilaian. LKPD berfungsi sebagai salah satu bahan ajar cetak yang digunakan oleh guru dalam proses pembelajaran (Festiyed & Murtiani, 2019; Prabawati *et al.*, 2019).

LKPD memiliki beberapa manfaat dalam kegiatan pembelajaran. Manfaat tersebut antara lain, membantu sebagai suplemen untuk buku teks, memahami pengetahuan yang dimiliki peserta didik sebelumnya, menambahkan informasi, dan mengetahui hasil belajar peserta didik. Pertanyaan yang terdapat dalam lembar kerja yang dirancang dengan baik dapat memperkuat minat peserta didik dalam belajar jika disertai dengan metode pengajaran yang tepat (Purnamasari *et al.*, 2020).

LKPD dapat dikembangkan ke bentuk elektronik, yang disebut sebagai e-LKPD. e-LKPD memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan LKPD cetak, seperti video pembelajaran aktif yang mudah diakses, berwarna, dan tersedia. Namun, baik LKPD cetak maupun e-LKPD tidak akan efektif jika tidak disusun

dengan kaidah yang baik dan benar. Hal ini dikarenakan e-LKPD yang baik harus memenuhi persyaratan konstruksi, teknis, dan didaktis. Persyaratan konstruksi termasuk penggunaan bahasa, struktur kalimat, dan kosa kata yang dipahami oleh peserta didik, serta tingkat kesulitan dan kejelasan yang baik. Persyaratan didaktis termasuk memenuhi prinsip efektif, seperti penggunaan pendekatan, model, dan metode yang sesuai dengan karakteristik peserta didik. Pendekatan peristiwa dalam kehidupan sehari-hari dapat digunakan sebagai alur pembuatan e-LKPD agar mudah dipahami oleh peserta didik (Safitri *et al.*, 2021).

4. *e-Handout*

Handout didefinisikan sebagai bahan pembelajaran lengkap bagi peserta didik, yang berisi komponen-komponen penting dalam proses pembelajaran, seperti tujuan pembelajaran, prasyarat, prosedur pembelajaran, materi pembelajaran teratur, tugas dan soal evaluasi. *Handout* menyediakan materi pembelajaran secara komprehensif (Hernawan *et al.*, 2012). *e-Handout* adalah versi elektronik dari *Handout* yang dapat dibaca di *handphone*, komputer, dan dirancang dengan perangkat lunak yang diperlukan. Adapun karakteristik *e-Handout* menurut (Yulia *et al.*, (2021) sebagai berikut:

- a. **Interaktif:** *e-Handout* biasanya memiliki elemen multimedia seperti gambar, animasi, video, dan suara yang membuat materi pembelajaran lebih interaktif dan menarik bagi peserta didik.
- b. **Aksesibilitas:** *e-Handout* mudah diakses melalui internet, sehingga peserta didik dapat mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja, asalkan mereka memiliki perangkat yang tersambung ke internet.
- c. **Customizable:** *e-Handout* dapat disesuaikan sesuai kebutuhan pengajar dan peserta didik, seperti menambahkan atau menghapus bagian, atau menyesuaikan tampilan dan format.
- d. **Eco-friendly:** *e-Handout* membantu mengurangi penggunaan kertas dan membantu melindungi lingkungan, karena materi pembelajaran dapat dibagikan secara elektronik.

- e. Efisiensi: *e-Handout* membuat pengajaran dan pembelajaran lebih efisien, karena materi pembelajaran dapat dibagikan dan disimpan dengan mudah dan cepat.
- f. Evaluasi: *e-Handout* memungkinkan pengajar untuk mengevaluasi hasil belajar peserta didik dengan menambahkan tugas dan tes online.

2.1.2 *e-Learning*

Pembelajaran elektronik atau *e-learning* menjadi kebiasaan baru bagi peserta didik selama masa pandemi, *e-learning* didukung perangkat digital seperti komputer atau seluler (Lee, 2014). Penggunaan *e-learning* efektif untuk meningkatkan kreativitas peserta didik dibandingkan dengan metode ceramah tradisional (Sarikhani *et al.*, 2016).

E-learning mampu meningkatkan kemahiran peserta didik dalam pembelajaran mandiri (Soliman, 2014). Fitur e-learning termasuk menyimpan pelajaran di CD-ROM, penyimpanan internal atau eksternal, dan intranet. *e-learning* mencakup konten yang berkaitan dengan hasil belajar, penyampaian konten menggunakan elemen media seperti kata-kata dan gambar, contoh, latihan, dan penggunaan petunjuk untuk mendukung pembelajaran (Clark & Mayer, 2011). Implementasi *e-learning* dapat dipimpin oleh guru atau dirancang khusus untuk pembelajaran pribadi yang mandiri. Hal ini memungkinkan peserta didik untuk membangun pengetahuan dan keterampilan baru yang berkaitan dengan tujuan belajar individu mereka dan meningkatkan kinerja kelompok (Clark & Mayer, 2011).

2.1.2 Multimedia

Multimedia adalah komunikasi menggunakan kata-kata dan gambar untuk menjelaskan bagaimana sesuatu bekerja, termasuk animasi dan narasi dalam lingkungan berbasis komputer atau teks dan ilustrasi dalam lingkungan berbasis buku (Mayer, 1999). Multimedia dapat memotivasi, meningkatkan ketertarikan peserta didik, dan dapat memberikan akses cepat dan mudah ke berbagai materi

baru. Hal ini juga dapat mendorong peserta didik untuk mengendalikan pembelajaran mereka sendiri dan mempertahankan minat mereka. Namun, multimedia menuntut guru untuk mengelola pembelajaran dengan cara baru dan inovatif. Multimedia dalam konteks pendidikan digunakan untuk menggambarkan kombinasi video dan audio, teks tercetak, dan manual yang dapat membentuk materi pembelajaran jarak jauh (Collins *et al.*, 2002).

Menurut Mayer & Moreno (2002), terdapat lima prinsip multimedia dalam pembelajaran, yaitu representasi ganda, kedekatan, konsistensi, modalitas, dan redundansi. Prinsip representasi ganda berarti lebih baik menjelaskan dengan kata-kata atau gambar daripada menjelaskan dengan kata-kata saja. Prinsip kedekatan adalah menyajikan narasi dan animasi yang sesuai secara bersamaan, bukan secara terpisah. Prinsip koherensi menyatakan bahwa hilangkan kata-kata dan suara yang tidak dibutuhkan. Prinsip modalitas adalah lebih baik menampilkan kata sebagai narasi pendengaran daripada sebagai teks visual di layar. Prinsip redundansi adalah lebih baik menampilkan animasi dan narasi daripada menampilkan animasi, narasi, dan teks di layar.

2.1.3 *Nature of Science*

Nature of Science (NOS) adalah topik umum dalam pendidikan sains saat ini (Abd-El-Khalick, 2012; Yuenyong, 2020). Menurut *National Science Teacher Association (2020)* NOS mampu meningkatkan pemahaman peserta didik tentang konsep sains dan memungkinkan mereka membuat keputusan berdasarkan informasi tentang masalah pribadi dan sosial berbasis ilmiah. Pandangan ini sejalan dengan tuntutan pendidikan sains dunia bahwa gagasan NOS harus dimasukkan ke dalam pembelajaran (Abd-El-Khalick, 2012; Zhuang, 2021).

Pemahaman NOS membantu peserta didik untuk meningkatkan kesadaran terhadap masalah sosio ilmiah, memahami proses sains, memahami norma masyarakat, dan menghargai sains sebagai salah satu elemen budaya (Akgun, 2020; Brunner & Abd-El-Khalick, 2020; Khishfe *et al.*, 2017). Sains perlu diajarkan berdasarkan dasar epistemologis yang mengunggulkan konstruksi

empiris sehingga peserta didik secara bertahap menyadari, mengenali, dan melakukan proses pengetahuan (Höttecke & Allchin, 2020; Yacoubian, 2018). Berikut indikator *NOS*: 1) Investigasi Ilmiah dalam menggunakan berbagai metode; 2) Pengetahuan ilmiah berdasarkan bukti empiris; 3) Pengetahuan ilmiah terbuka dalam menerima bukti baru; 4) Model *Science*, Hukum, Mekanisme, menjelaskan fenomena alam; 5) *science* adalah cara mengetahui; 6) Pengetahuan *science* mengasumsikan keteraturan dan konsistensi alam; 7) *science* adalah usaha manusia; 8) *science* menjawab tentang pertanyaan alam dan dunia (NGSS, 2013). Disajikan indikator *NOS* pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator *Nature of Science*

No.	Aspek <i>Nature of Science</i>	Indikator <i>Nature of Science</i>
1.	Investigasi Ilmiah dalam menggunakan berbagai metode	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penyelidikan sains menggunakan metode yang beragam dan tidak selalu menggunakan serangkaian prosedur yang sama untuk mendapatkan data. 2. Teknologi baru memajukan pengetahuan ilmiah. 3. Penyelidikan ilmiah dicirikan oleh seperangkat nilai umum yang meliputi: berpikir logis, presisi, pikiran terbuka, objektivitas, skeptisisme, pengulangan hasil, dan pelaporan temuan yang jujur dan etis. 4. Praktik wacana sains diatur di sekitar domain disiplin yang berbagi contoh untuk membuat keputusan mengenai nilai, instrumen, metode, model, dan bukti untuk diadopsi dan digunakan. 5. Penyelidikan ilmiah menggunakan berbagai metode, alat, dan teknik untuk merevisi dan menghasilkan pengetahuan baru.
2.	Pengetahuan ilmiah berdasarkan bukti empiris	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengetahuan sains didasarkan pada bukti empiris. 2. Disiplin ilmu berbagi aturan umum tentang bukti yang digunakan untuk mengevaluasi penjelasan tentang sistem alam. 3. Sains mencakup proses koordinasi pola bukti dengan teori saat ini. 4. Argumen sains diperkuat oleh beberapa baris bukti mendukung satu penjelasan

No.	Aspek <i>Nature of Science</i>	Indikator <i>Nature of Science</i>
3.	Pengetahuan ilmiah terbuka dalam menerima bukti baru	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penjelasan ilmiah dapat bersifat probabilistik. 2. Sebagian besar pengetahuan ilmiah cukup tahan lama tetapi, pada prinsipnya, dapat berubah berdasarkan bukti baru dan/atau interpretasi ulang dari bukti yang ada. 3. Argumentasi ilmiah adalah mode wacana logis yang digunakan untuk memperjelas kekuatan hubungan antara ide dan bukti yang dapat mengakibatkan revisi penjelasan
4.	Model <i>Science</i> , Hukum, Mekanisme, menjelaskan fenomena alam	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teori dan hukum memberikan penjelasan dalam sains, tetapi teori dengan waktu tidak menjadi hukum atau fakta. 2. Teori ilmiah adalah penjelasan yang dibuktikan dari beberapa aspek alam, berdasarkan kumpulan fakta yang telah berulang kali dikonfirmasi melalui pengamatan dan eksperimen, dan komunitas sains memvalidasi setiap teori sebelum diterima. Jika ditemukan bukti baru yang tidak sesuai dengan teori, teori umumnya dimodifikasi berdasarkan bukti baru ini. 3. Model, mekanisme, dan penjelasan secara kolektif berfungsi sebagai alat dalam pengembangan teori ilmiah. 4. Hukum adalah pernyataan atau deskripsi tentang hubungan antara fenomena yang dapat diamati. 5. Para ilmuwan sering menggunakan hipotesis untuk mengembangkan dan menguji teori dan penjelasan.
5.	Sains adalah cara mengetahui	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sains adalah kumpulan pengetahuan yang mewakili pemahaman terkini tentang sistem alam dan proses yang digunakan untuk memperbaiki, menguraikan, merevisi, dan memperluas pengetahuan ini. 2. Sains adalah cara unik untuk mengetahui dan ada cara lain untuk mengetahui. 3. Sains membedakan dirinya dari cara lain untuk mengetahui melalui penggunaan standar empiris, argumen logis, dan tinjauan skeptis. 4. Pengetahuan sains memiliki sejarah yang mencakup penyempurnaan, dan perubahan, teori, ide, dan keyakinan dari waktu ke waktu.

No.	Aspek <i>Nature of Science</i>	Indikator <i>Nature of Science</i>
6.	Pengetahuan <i>science</i> mengasumsikan keteraturan dan konsistensi alam	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengetahuan ilmiah didasarkan pada asumsi bahwa hukum alam beroperasi hari ini seperti yang mereka lakukan di masa lalu dan mereka akan terus melakukannya di masa depan. 2. Ilmu pengetahuan mengasumsikan alam semesta adalah sistem tunggal yang luas di mana hukum-hukum dasar konsisten
7.	Sains adalah usaha manusia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengetahuan ilmiah adalah hasil usaha, imajinasi, dan kreativitas manusia. 2. Individu dan tim dari banyak negara dan budaya memiliki berkontribusi pada sains dan kemajuan dalam bidang teknik. 3. Latar belakang ilmuwan, komitmen teoretis, dan bidang berusaha mempengaruhi sifat temuan mereka. 4. Kemajuan teknologi telah mempengaruhi kemajuan ilmu pengetahuan dan ilmu pengetahuan telah mempengaruhi kemajuan teknologi. 5. Sains dan teknik dipengaruhi oleh masyarakat dan masyarakat dipengaruhi oleh sains dan teknik
8.	Sains menjawab tentang pertanyaan alam dan dunia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak semua pertanyaan bisa dijawab oleh sains. 2. Ilmu pengetahuan dan teknologi dapat mengangkat isu-isu etis dimana ilmu pengetahuan, dengan sendirinya, tidak memberikan jawaban dan solusi. 3. Pengetahuan sains menunjukkan apa yang bisa terjadi dalam sistem alam—tidak ada yang seharusnya terjadi. Yang terakhir melibatkan etika, nilai-nilai, dan keputusan manusia tentang penggunaan pengetahuan. 4. Banyak keputusan tidak dibuat dengan menggunakan sains saja, tetapi bergantung pada konteks sosial dan budaya untuk menyelesaikan masalah.

2.1.4 Complex Problem Solving

Complex problem solving (CPS) adalah proses interaktif yang menyediakan akses empiris untuk penyelidikan terperinci (Eichmann *et al.*, 2019; Thomann *et al.*, 2019). Berapa proses kognitif terlibat dalam pemecahan masalah yang kompleks (Dörner & Funke, 2017). *CPS* merupakan kompetensi yang sangat penting dan perlu dimiliki dalam semua bidang termasuk pendidikan (Häkkinen *et al.*, 2017). dalam menghadapi *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)* menetapkan kerangka pemecahan masalah yang didasarkan pada karya beberapa tokoh kognitif (Dörner & Funke, 2017; Eichmann *et al.*, 2019; OECD, 2017) menurut kerangka kerja ini, empat proses utama yang terlibat dalam pemecahan masalah: 1) mengeksplorasi dan memahami 2) mewakili dan merumuskan 3) merencanakan dan melaksanakan 4) memantau dan mencerminkan. *CPS* memiliki faktor-faktor yang saling berkaitan dan pemecah masalah sering mengabaikan beberapa petunjuk kecil, yang sebenarnya merupakan faktor penting dalam proses pemecahan masalah (Eseryel *et al.*, 2013). *CPS* memiliki lima karakteristik (Dörner & Kreuzig, 1983): 1) memiliki beberapa variabel input dan hasil, 2) berbagai hubungan antara variabel input dan hasil, 3) masalah dapat berubah dari waktu ke waktu, 4) masalah perlu dieksplorasi secara mendalam, dan 5) terdapat berbagai tunjukkan dan mungkin bertentangan (Weise *et al.*, 2020). Berdasarkan definisi *CPS* menurut para ahli tersebut, disajikan indikator *CPS* pada Tabel 2.

Tabel 2. Indikator *CPS*

No.	Aspek <i>CPS</i>	Indikator <i>CPS</i>
1.	Mengartikulasikan masalah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengakui keberadaan masalah, tetapi berjuang untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah 2. Menunjukkan kesadaran dengan mendaftar beberapa gejala (masalah) dan menggunakan kesadaran ini untuk mengidentifikasi beberapa akar penyebab masalah. 3. Menunjukkan kemampuan untuk mengartikulasikan faktor sistemik kompleks yang berkontribusi pada masalah.

No.	Aspek CPS	Indikator CPS
		4. Menunjukkan kemampuan untuk mengartikulasikan pernyataan masalah yang mengenali dan mengintegrasikan gejala, akar penyebab, dan faktor sistemik yang kompleks.
2.	Mengidentifikasi hasil akhir yang diinginkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyajikan hasil yang tidak jelas dan tidak tepat, terkait dengan faktor kontekstual 2. Menguraikan kemungkinan hasil tetapi tidak mengarah pada tujuan akhir yang diidentifikasi. 3. Membedakan antara hasil yang mungkin dan memilih tujuan akhir yang diinginkan yang koheren dan relevan dengan faktor kontekstual (misalnya, pengetahuan akademis, kehidupan pribadi, pengalaman kerja, keterlibatan sipil, dll.) 4. Mengintegrasikan pengetahuan akademik, pengalaman kerja, dan keterampilan yang relevan untuk mengembangkan visi realistis yang secara efektif mengatasi masalah yang diidentifikasi.
3.	<i>Brainstorming</i> pilihan kreatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daftar contoh satu atau lebih pendekatan Mengidentifikasi kemungkinan strategi untuk memecahkan masalah tetapi tidak memiliki kreativitas inovasi. 2. Mengidentifikasi kemungkinan strategi untuk mencapai tujuan yang diinginkan, mengakui perspektif selain milik sendiri, tetapi itu "di luar rak" daripada dirancang secara individual untuk memecahkan masalah dengan kreativitas/inovasi. 3. Menghubungkan strategi untuk mencapai tujuan yang diinginkan dengan fakta atau teori dari lebih dari satu bidang studi dan secara kreatif berhubungan dengan hasil akhir. 4. Menunjukkan kemampuan untuk mensintesis beberapa opsi dan mengintegrasikannya secara kreatif tetapi tanpa melakukan analisis apa pun.
4.	Menganalisis dan memilih opsi yang paling baik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan, secara mendasar, kemampuan/teori/atau strategi yang dipelajari dalam situasi sebelumnya dalam situasi baru. 2. Menggunakan keterampilan/ kemampuan/ teori/strategi yang diperoleh dalam situasi sebelumnya dalam situasi baru untuk mengilustrasikan cara-cara alternatif untuk memecahkan masalah, atau untuk berkontribusi pada pemahaman baru tentang masalah.

No.	Aspek <i>CPS</i>	Indikator <i>CPS</i>
		<ol style="list-style-type: none"> 3. Menganalisis dan memilih teori/strategi yang dipelajari dalam situasi sebelumnya yang paling baik untuk memecahkan masalah atau mengeksplorasi masalah dalam konteks situasi baru dan dengan cara yang orisinal. 4. Menyesuaikan dan menerapkan keterampilan/kemampuan/teori/strategi yang lebih spesifik dan terarah yang diperoleh dari situasi sebelumnya ke situasi baru untuk memecahkan masalah atau mengeksplorasi masalah yang terkait dengan tujuan yang diinginkan
5.	Mengembangkan rencana tindakan yang akan mencapai hasil akhir yang diinginkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengambil langkah-langkah tindakan yang hanya secara tidak langsung mengatasi masalah pernyataan. 2. Membangun model menggunakan metodologi dari situasi sebelumnya untuk mengatasi faktor kontekstual dari keinginan tujuan masalah. 3. Menafsirkan/menerjemahkan langkah-langkah tindakan dari situasi sebelumnya dan mengaturnya ke dalam model yang berhubungan dengan rencana untuk mencapai tujuan yang diinginkan. 4. Merancang rencana tindakan yang koheren dan dapat dicapai yang mencakup langkah-langkah untuk mengatasi masalah dalam kaitannya dengan faktor kontekstual untuk mencapai tujuan yang diinginkan.
6.	Menetapkan rencana tindakan dan mengadaptasi sesuai kebutuhan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat hubungan yang tepat dan kuat antara konsep dan prosedur matematika 2. Koneksi matematis digunakan dalam konteks lain tidak secara langsung menangani pernyataan masalah. 3. Melakukan langkah-langkah tindakan terstruktur dengan cara yang membahas pernyataan masalah, tetapi mengabaikan faktor kontekstual yang relevan. 4. Menerapkan langkah-langkah tindakan yang diatur untuk mencapai tujuan yang diinginkan dengan cara yang membahas faktor kontekstual spesifik dari rencana 5. Menerapkan rencana dengan cara yang menghubungkan dan menyesuaikan langkah-langkah tindakan (sesuai kebutuhan) untuk mengatasi berbagai faktor kontekstual dalam rencana untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

2.1.5 Numeracy Skills

Fenomena *numeracy skills* adalah kemampuan berpikir menggunakan konsep, prosedur, fakta, dan mengakomodasi alat matematika untuk menyelesaikan masalah nyata pada konteks individu, kelompok, dan masyarakat sebagai warga negara yang reflektif (Forgasz & Hall, 2019; Lüsenhop & Kaiser, 2020; OECD, 2019). Berbagai pengertian *numeracy skills* terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Berbagai Definisi *Numeracy Skills*

<i>Numeracy Skills</i>	Trends in Internasional Mathematics and Science Study (2019)	Menilai berbagai situasi pemecahan masalah dalam matematika, dengan sekitar dua pertiga dari item yang membutuhkan peserta didik untuk menggunakan keterampilan menerapkan dan penalaran.
	Programme for Internasional Student Assessment (2021)	Penalaran matematis berdasarkan siklus pemodelan atau pemecahan masalah, hubungan antara literasi matematika dan apa yang disebut keterampilan abad ke-21 berdasarkan tantangan dunia nyata.
	Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2020)	Kemampuan berpikir untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan 1) pengetahuan konten meliputi bilangan, pengukuran dan geometri, data dan ketidakpastian, aljabar. 2) proses kognitif yang meliputi pemahaman, penerapan, dan penalaran 3) konteks yang meliputi personal, sosial budaya, dan saintifik.

Berdasarkan definisi *numeracy skills* dari berbagai organisasi atau peneliti pada Tabel 3. Maka indikator *numeracy skills* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Indikator *Numeracy Skills*

No.	Aspek <i>Numeracy Skills</i>	Indikator <i>Numeracy Skills</i>
1.	Mengakses dan menilai situasi secara matematis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi fitur penting dari masalah dunia nyata yang dapat direpresentasikan secara matematis. 2. Mengidentifikasi dan mendeskripsikan/mendefinisikan operasi matematika, proses dan alat yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah. 3. Menyederhanakan situasi atau masalah untuk merepresentasikannya secara matematis,

No.	Aspek <i>Numeracy Skills</i>	Indikator <i>Numeracy Skills</i>
2.	Bertindak dan menggunakan matematika	<p>menggunakan representasi yang sesuai, misalnya variabel, simbol, diagram, dan model.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Mewakili masalah dengan cara yang berbeda, termasuk mengorganisirnya menurut konsep matematika dan membuat asumsi yang tepat. 5. Mengantisipasi pembatasan dunia nyata pada hasil yang mungkin dari keputusan yang dibuat saat mendefinisikan dan mewakili masalah. <ol style="list-style-type: none"> 1. Menerapkan fakta, aturan, dan struktur matematika. 2. Melakukan perhitungan aritmatika dan menerapkan algoritma rutin. 3. Melakukan pengukuran. 4. Mencari pola. 5. Menggunakan bahasa simbolis, formal, dan teknis dan konvensi matematika. 6. Menggunakan alat matematika, termasuk teknologi. 7. Memanipulasi angka, grafik, data dan informasi statistik dan berbasis peluang, ekspresi dan persamaan aljabar, representasi geometris. 8. Mengumpulkan, mengorganisasikan, menyusun dan merepresentasikan informasi. 9. Menghasilkan estimasi dan perkiraan. 10. Membuat dan mengekstrak informasi dari diagram, grafik, infografis, dan konstruksi matematika. 11. Meninjau dan merenungkan solusi awal atau sebagian. 12. Menggeneralisasi dari situasi matematika yang lebih kompleks ke masalah/situasi matematika yang lebih sederhana yang dapat lebih mudah dipecahkan.
3.	Mengevaluasi, merefleksi secara kritis, dan Membuat Penilaian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengevaluasi kewajaran solusi atau solusi bagian untuk masalah. Ini termasuk pertimbangan kelayakan estimasi dan/atau tingkat akurasi yang diperlukan. 2. Memahami implikasi dunia nyata dari solusi yang dihasilkan oleh metode matematika, untuk secara kritis mencerminkan dan membuat penilaian tentang bagaimana hasil harus disesuaikan atau diterapkan. 3. Menggunakan argumen matematis untuk membangun, mempertahankan atau menantang keputusan dan atau penilaian. 4. Mempertimbangkan norma dan pengaruh sosial, selain kendala fisik, ketika mempertimbangkan validitas atau efektivitas solusi matematika untuk masalah dunia nyata. 5. Merefleksikan proses matematika dan argumen yang digunakan dan menjelaskan dan membenarkan hasil. 6. Mengidentifikasi dan mengkritisi keterbatasan yang melekat dalam memecahkan beberapa masalah dunia nyata.

2.1.7 *Social Constructivist Theory*

Teori Konstruktivisme Sosial (*Social Constructivist Theory*) menjelaskan bahwa pengetahuan dikonstruksi secara sosial dalam suatu komunitas praktik, yaitu melalui pembelajaran dalam kelompok-kelompok kecil (Newman, 2005a). Menurut Schmid (2003), guru dan peserta didik dianggap sebagai agen aktif, dan interaksi guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran dianggap sangat penting. Pengetahuan sosial ini dapat dilatih melalui kegiatan.

Pembelajaran timbal balik yang melibatkan dialog interaktif antara guru dan sekelompok kecil peserta didik. Pertama, guru membuat model kegiatan, kemudian peserta didik secara bertahap mengembangkan keterampilan. Interaksi sosial bersama rekan kerja ketika mengerjakan tugas. Metode ini terutama digunakan dalam pembelajaran matematika, sains, dan seni bahasa yang membuktikan dampak lingkungan sosial yang diakui selama pembelajaran.

Program magang untuk mengembangkan pemahaman bersama tentang proses-proses penting dengan bekerja bersama para ahli dan mengintegrasikan pemahaman mereka saat ini. Teori konstruktivis sosial (*social constructivist theory*) terkait penggunaan e-LKPD pada penelitian menggunakan aktivitas berkelompok. Teori konstruktivis sosial berkaitan dengan aktivitas berkelompok tersebut.

2.1.8 *Schematha Theory* (Teori Skema)

Schematha Theory (Teori Skema) mendeskripsikan bahwa aktivasi pembelajaran sebelumnya dan penggunaan pengetahuan selanjutnya difasilitasi oleh pembelajaran dalam konteks (Newman, 2005b). Aktivasi dilakukan pada proses pembelajaran dalam kelompok kecil, dilakukan dengan menggunakan masalah untuk merangsang, mengontekstualisasikan, dan mengintegrasikan pembelajaran (Newman, 2005b). Teori skema menekankan pentingnya pengetahuan umum dan konsep-konsep yang akan membantu membentuk skema. Skema yang sudah

dimiliki seseorang adalah penentu utama apa yang akan dipelajari pada teks baru (Anderson *et al.*, 1978).

Schematha Theory (Teori Skema) berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, karena *e- Handout* dan e-LKPD yang dikembangkan menghadirkan peserta didik pada fenomena berisi masalah untuk merangsang, mengontekstualisasikan, dan mengintegrasikan pembelajaran, serta aktivitasnya dilakukan dalam kelompok kecil.

2.1.9 *Written Communication*

Komunikasi tertulis adalah komunikasi formal yang digunakan di institusi formal seperti sekolah dan perguruan tinggi. Komunikasi tertulis sebagai bentuk komunikasi yang ditulis pengirim untuk penerima (Griffin, 2006). Keterampilan komunikasi tertulis melibatkan metode pembelajaran yang lebih aktif, bukan pasif. Menulis dapat meningkatkan pemikiran kritis dan keterampilan memecahkan masalah, serta berfungsi untuk mengidentifikasi dan menghadapi kesalahpahaman pribadi (Riemer, 2007). Komunikasi tertulis dapat berupa surat, memo, makalah penelitian, laporan, dll (di Salvo, 1980). Komunikasi tertulis dapat dengan mudah didistribusikan ke banyak orang, sehingga menjadikannya metode komunikasi massal yang dalam penulisannya harus rinci dan akurat. Hal untuk memastikan bahwa pesan tertulis dapat dikomunikasikan (Prabavathi & Nagasubramani, 2018).

2.1.10 Pemanasan Global

1. Efek rumah kaca

Efek rumah kaca adalah peristiwa alamiah yang kejadiannya mirip dengan pantulan panas di dalam rumah kaca yang digunakan petani menanam sayuran pada musim dingin di negara yang mengenal 4 musim. Sinar matahari masuk ke dalam rumah kaca untuk membantu proses asimilasi. Sisa panas dari matahari seharusnya dikeluarkan ke atmosfer. Akan tetapi, adanya bilik kaca dan atap kaca memantulkan kembali panas tersebut sehingga suhu udara di dalam bilik kaca

(ruangan) tersebut naik dan menjadi hangat. Pantulan panas kembali ke ruangan, yang menjadikan suhu dalam ruangan hangat, disebut efek rumah kaca (Wardhana, 2010)

Berkembangnya pengetahuan manusia mengakibatkan munculnya berbagai teknologi baru dan tumbuhnya berbagai industri manufaktur. Peningkatan konsentrasi efek rumah kaca di atmosfer diawali sejak revolusi industri yang terjadi secara besar-besaran di Eropa sekitar tahun 1750 (Sejati, 2011). Apabila level gas rumah kaca diukur sejak sebelum revolusi industri sampai masa kini maka kenaikan karbondioksida mencapai 38,21%, metana naik 149,29%, nitro oksida 16,30%, dan CFC naik drastis dari nol hingga 533 ppt (Sejati, 2011).

2. Emisi Karbon

Bagian terbesar dari karbon yang berada di atmosfer Bumi adalah gas karbon dioksida (CO_2). Karbon ditransfer di alam antara sejumlah reservoir karbon alami, proses ini dikenal sebagai siklus karbon. Manusia berkontribusi pada siklus ini setiap kali manusia bernapas, karbon dari makanan dibakar dan diubah menjadi karbon dioksida yang kemudian di buang, dengan cara ini manusia diberi energi. Hewan terhubung dengan karbon dioksida atmosfer dengan cara yang sama, demikian kayu yang membusuk dan penguraian bahan organik di tanah dan di tempat lain (Houghton, 2009).

Emisi karbon adalah pelepasan gas-gas hasil pembakaran senyawa yang mengandung karbon ke atmosfer. Sumber-sumber emisi karbon secara global yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, pabrik, transportasi menyumbang 77% karbondioksida di bumi (Sejati, 2011).

3. Dampak Pemanasan Global

Perubahan suhu udara akibat pemanasan global yang berdampak secara langsung terhadap atmosfer adalah sebagai berikut (Wardhana, 2010):

Pergeseran musim. Adanya lubang ozon menyebabkan sinar ultraviolet dapat menerobos sampai ke atmosfer bumi dan hal ini menyebabkan kenaikan suhu

udara. Kenaikan suhu udara akan berpengaruh pada perubahan arah angin dan ini berarti terjadi perubahan musim.

- a. Banjir dan tanah longsor. Pada musim hujan angin banyak membawa uap air dari Laut Hindia yang akan dijatuhkan sebagai air di daratan Indonesia. Perubahan musim pada saat ini dirasakan dengan adanya musim hujan yang berkepanjangan, sehingga mengakibatkan banjir dan tanah longsor di berbagai belahan bumi.
- b. Kekeringan dan bencana kelaparan. Musim hujan yang berkepanjangan akan mengakibatkan musim kemarau yang berkepanjangan di belahan bumi lainnya. Hal ini dapat menyebabkan kekeringan dan kekurangan air yang berujung pada kegagalan panen.

Perubahan suhu udara akibat pemanasan global yang berdampak secara langsung terhadap hidrosfer adalah sebagai berikut (Wardhana, 2010):

- a. Luas daratan kutub. Wilayah kutub utara dan kutub selatan terutama terdiri atas lapisan es yang semula air laut yang membeku dari Laut Artik yang menjadi daratan. Daratan di kutub, baik berupa pulau es maupun bukit es, pada saat ini sudah banyak yang longsor dan mencair atau meleleh menjadi air.
- b. Tinggi permukaan air laut, kadar garam, dan suhu air laut berubah. Perubahan fisik air laut berupa tinggi permukaan air laut, kadar garam, dan suhu air laut berubah karena pemanasan global. Perubahan tersebut terkait dengan melelehnya es di kutub utara dan kutub selatan sehingga menambah volume air laut. Kadar garam air laut berubah menjadi lebih rendah yang berpengaruh terhadap biota laut.
- c. Perubahan suhu udara akibat pemanasan global yang berdampak secara langsung terhadap geosfer, oleh karena atmosfer dan hidrosfer merupakan bagian dari ekosistem bumi (geosfer) maka dampak pemanasan global juga berlaku pada geosfer. Sebagai contoh kekeringan yang berkepanjangan akan berdampak makin luasnya daerah tandus, kenaikan permukaan air laut juga

berdampak menggenangi daratan dan pada akhirnya akan menyebabkan kerusakan (Cunningham & Cunningham, 2010).

4. Alternatif Solusi Menanggulangi Pemanasan Global

Efisiensi energi adalah ukuran energi yang dihasilkan dibandingkan dengan energi yang dikonsumsi, banyak energi yang dikonsumsi terbuang sia-sia. Pernyataan ini bukan peringatan sederhana untuk mematikan lampu dan mengecilkan termostat tungku di musim dingin; ini adalah tantangan teknologi. Cara manusia menggunakan energi sangat tidak efisien sehingga sebagian besar energi potensial dalam bahan bakar hilang sebagai limbah panas dan menjadi bentuk polusi lingkungan. Banyak teknik konservasi yang relatif sederhana dan sangat hemat biaya. Pemakaian bola lampu LED misalnya, menghasilkan cahaya empat kali lebih terang dari lampu pijar dengan watt yang sama, dan bertahan hingga sepuluh kali lebih lama (Cunningham & Cunningham, 2010).

Energi alternatif yang dapat digunakan untuk mengganti energi yang mengandalkan bahan bakar fosil, antara lain adalah energi air (*hydro power energy*), energi pasang surut (*tidal energy*), energi gelombang laut (*wave power energy*), energi panas laut (*ocean thermal energy conversion*), energi angin (*wind energy*), energi panas bumi (*geothermal energy*), energi panas matahari (*solar cell energy*), dan energi nuklir (*nuclear energy*) (Wardhana, 2010). Beberapa pembangkit listrik seperti pembangkit listrik tenaga uap, gas, dan air alat yang menggerakkan generator listrik adalah turbin. Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida (Alatas & Nurlala, 2015).

2.2 Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penelitian yang Relevan.

Identitas Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
<p>Haoli Zhuang, Yang Xiao, Qiaoyi Liu, Bing Yu, Jianwen Xiong & Lei Bao.</p> <p>International Journal of Science Education 2021, VOL. 43, NO. 11, 1779–1798</p> <p><i>Comparison of nature of science representations in five Chinese high school physics textbooks</i></p>	<p>Penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Penelitian deskriptif kualitatif menghasilkan data deskriptif dari lima buku teks sekolah menengah atas di Cina yang diamati. Penelitian ini juga merupakan penelitian dengan menggunakan metode analisis khususnya analisis konten. Dasar dari analisis ini adalah interpretasi. Pada penelitian ini interpretasi berupa 10 indikator NOS.</p>	<p>Menerapkan indikator NOS pada buku teks peserta didik</p>	<p>Menerapkan indikator NOS pada <i>e-handout</i> dan <i>e-LKPD</i> menggunakan aktivitas model pembelajaran</p>
<p>Supahar, Dadan Rosana, Marina Ramadani, dan Deby Kurnia Dewi</p> <p>Jurnal Cakrawala Pendidikan, Oktober 2017, Th. XXXVI, No. 3</p> <p><i>The instrument for assessing the performance of science</i></p> <p><i>Process skills based on nature of science (NOS)</i></p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan instrumen penilaian kinerja keterampilan proses sains hasil pengembangan, mendeskripsikan hasil pengukuran keterampilan proses sains peserta didik, mengetahui kepraktisan instrumen penilaian kinerja untuk mengukur keterampilan proses sains peserta didik. Penelitian ini menggunakan metode <i>research and development (R&D)</i> yang mengadaptasi model penelitian pengembangan 4-D</p>	<p>Mengembangkan instrumen berbasis NOS</p>	<p>Mengembangkan instrumen NOS untuk menstimulus <i>CPS</i> dan <i>numeracy skills</i></p>
<p>S. Gathong dan S. Chamrat</p> <p>Jurnal Pendidikan IPA Indonesia</p> <p>JPII 8 (3) (2019) 354-360</p> <p><i>The implementation of science, technology and society</i></p> <p><i>Environment (stse)-based learning for developing</i></p> <p><i>Pre-service general science teachers' understanding of</i></p> <p><i>The nature of science by empirical evidence</i></p>	<p>Penelitian ini adalah untuk mempelajari hasil metode pengajaran berbasis <i>Science, Technology, Society, and Environment (STSE)</i> Dalam meningkatkan NOS, menekankan bukti empiris di antara 23 guru IPA umum pra-jabatan di salah satu Rajabhat Universitas di wilayah utara atas, Thailand. Sampel dipilih dengan menggunakan teknik <i>purposive random sampling</i> dari populasi mahasiswa didik program pendidikan sarjana yang terdaftar pada semester kedua tahun ajaran 2016.</p>	<p>Indikator STSE bersesuaian dengan kompetensi dasar pada konsep pemanasan global dan bertujuan untuk meningkatkan NOS</p>	<p>Penggunaan NOS untuk mengembangkan program pembelajaran guna menstimulus <i>CPS</i> dan <i>numeracy skills</i></p>

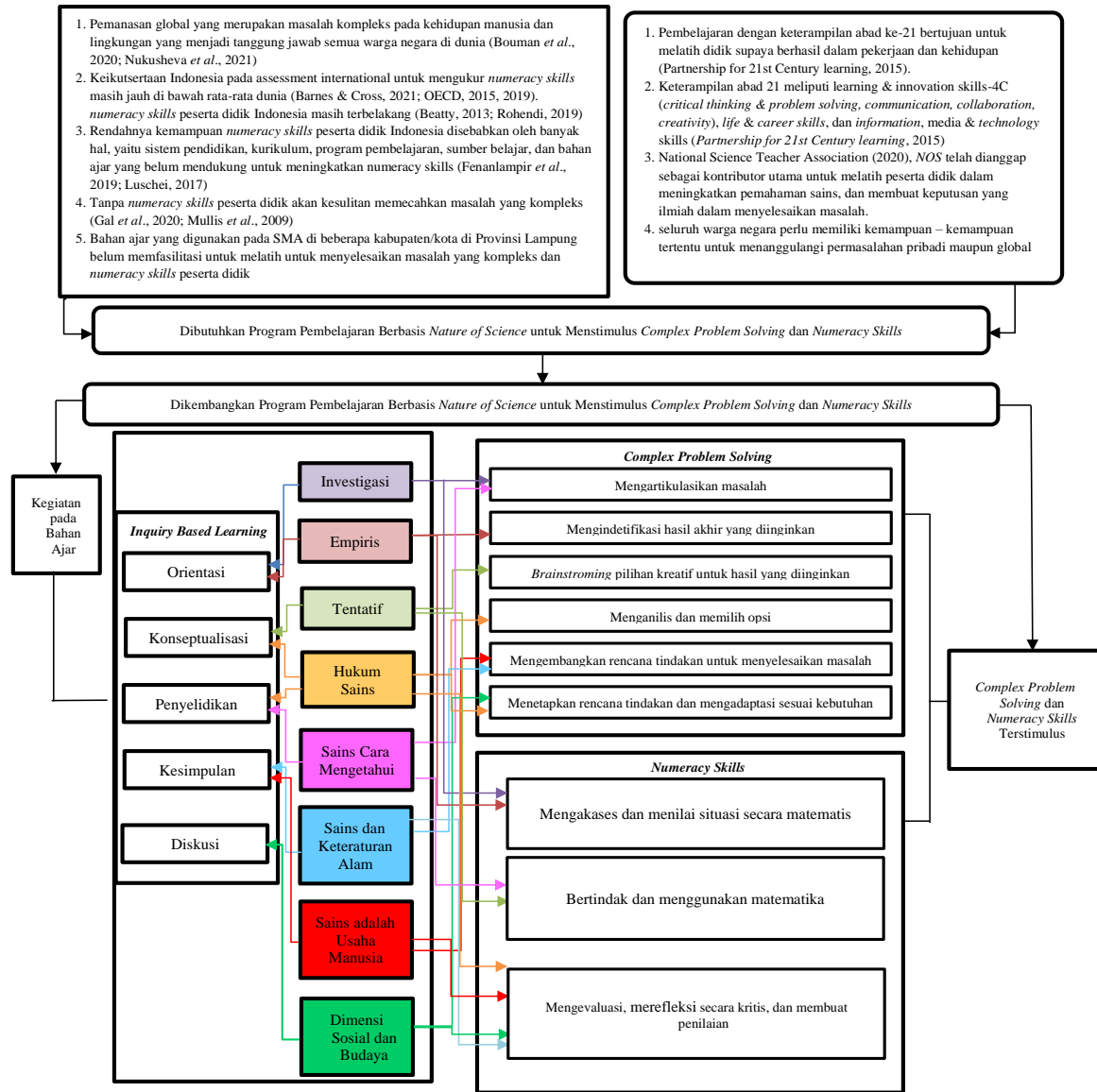
Identitas Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
Eka Cahya Prima, Setiya Utari, Didi Teguh Chandra, Lilik Hasanah, adi Rusdiana Journal of Technology and Science Education, JOTSE, 2018 – 8(4): 453-472 – O <i>Heat and temperature experiment designs to support Students' conception on nature of science</i>	Penelitian ini merancang kegiatan laboratorium yang terstruktur dengan baik yang membuat konsep dan gagasan ilmiah aktual, dan membantu peserta didik membuat hubungan antara kegiatan langsung, gagasan ilmiah, dan masalah kehidupan nyata. Selain itu, konsepsi peserta didik tentang NOS diperlukan untuk membantu peserta didik menjadi orang yang melek sains. Jurnal ini bertujuan untuk mengonstruksi pengetahuan sains dan masalah kontekstual untuk mendukung konsepsi peserta didik tentang NOS. Dalam kasus mata pelajaran fisika, delapan desain eksperimen panas dan suhu baru diusulkan untuk membangun literasi sains peserta didik di sekolah menengah	Penggunaan metode eksperimen yang bersesuaian dengan indikator NOS	Metode eksperimen berbasis NOS pada konsep pemanasan global diterapkan pada pembelajaran dan termuat pada e-LKPD yang dikembangkan
oana Torres and Clara Vasconcelos Educ. Sci. 2021, 11, 688.https://doi.org/10.3390/educsci11110688 <i>Models and the Nature of Science: What Mediates Their Implementation in Portuguese Biology and Geology Classes?</i>	Penelitian ini guna untuk meningkatkan pandangan peserta didik tentang NOS di kelas sains. Selain itu, peneliti juga memperhatikan penggunaan model yang sesuai dalam pendidikan sains. Mengembangkan pandangan peserta didik tentang NOS berkaitan dengan mengembangkan pengetahuan konseptual, serta keterampilan inkuiri. Guru sangat mempengaruhi pengalaman belajar peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pandangan calon guru sains tentang NOS dan tentang model yang sesuai untuk mengajarkan NOS	Rekomendasi penelitian pendahuluan guna mengetahui pengetahuan awal guru mengenai NOS dan penggunaan model pembelajaran yang tepat	Penggunaan aktivitas model <i>based of inquiry</i> pada kegiatan pembelajaran yang berbasis NOS

Berdasarkan penelitian relevan pada Tabel 5. maka kebaruan dari penelitian ini, yaitu berupa pengembangan program pembelajaran yaitu silabus, RPP, *e-handout*, e-LKPD, instrumen berbasis NOS dan dapat digunakan pada pembelajaran *online* maupun tatap muka, serta dapat *menstimulus CPS* dan *numeracy skills* peserta didik. Media pembelajaran yang digunakan dalam proses pelaksanaan berbasis teknologi (e-LKPD dan *e-Handout*) menggunakan *platform canva* yang memiliki banyak fitur diantaranya animasi, *icon*, template, ilustrasi, berbagai jenis teks dan warna, video, dapat diakses diberbagai perangkat *mobile* dan laptop sehingga tujuan pengembangan program pembelajaran berbasis NOS untuk *menstimulus CPS* dan *numeracy skills* dapat tercapai.

2.3 Kualitas Produk Pembelajaran

Menurut Nieveen (1999) beragam produk pembelajaran secara umum berperan penting dalam pendidikan, sehingga harus memiliki kualitas yang baik. Suatu produk pembelajaran dikatakan berkualitas baik apabila memenuhi 3 kriteria, yaitu validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Pertama, produk pembelajaran dikatakan berkualitas baik apabila dianggap valid dengan memenuhi dua kriteria, yaitu memiliki komponen material yang menjadi dasar untuk pengetahuan yang mutakhir (validitas konten) dan semua komponen harus sesuai dan secara konsisten saling terkait satu sama lain (validitas konstruk). Kriteria kedua dari produk pembelajaran berkualitas baik apabila guru (dan ahli lainnya) menganggap bahwa produk dapat digunakan dengan mudah oleh guru dan peserta didik atau disebut praktis. Kriteria ketiga dari produk pembelajaran berkualitas baik apabila dapat mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan dan menjadikan peserta didik memahami pembelajaran tersebut (Nieveen, 1999) Berdasarkan kriteria produk pembelajaran yang telah dipaparkan, maka *e-Handout* yang dikembangkan pada penelitian ini dapat dikatakan sebagai produk yang berkualitas apabila memenuhi 3 kriteria, yaitu valid, praktis, dan efektif.

2.4 Kerangka Pemikiran



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran

Gambar 1. menunjukkan bahwa keterampilan abad-21 merupakan keterampilan yang perlu dimiliki peserta didik di seluruh dunia, supaya siap dan berhasil dalam pekerjaan dan kehidupan nyata. Keterampilan abad 21 meliputi *learning & innovation skills-4C (critical thinking & problem solving, communication, collaboration, creativity)*, *life & career skills*, dan *information, media & technology skills*. Sehingga diperlukan kemampuan-kemampuan tertentu untuk mencapai hal tersebut

Tantangan untuk mengembangkan keterampilan abad 21, menjadi salah satu alasan pendidikan di Indonesia menerapkan Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) yang mengukur literasi dan numerasi peserta didik kelas 11. *Numeracy skills* merupakan kemampuan untuk berpikir menggunakan, konsep, prosedur, fakta, dan mengkomodasikan alat matematika untuk menyelesaikan masalah nyata pada konteks individu dan kelompok masyarakat sebagai warga negara yang reflektif. *Numeracy skills* menjadi salah satu tolak ukur tingkat keberhasilan pendidikan di Indonesia.

Namun keikutsertaan Indonesia pada asesmen internasional yang mengukur *numeracy skills* masih rendah. Rendahnya *numeracy skills* di Indonesia disebabkan banyak hal sistem pendidikan, kurikulum, program pembelajaran, sumber belajar, dan bahan ajar yang belum mendukung untuk melatih kemampuan *numeracy skills* peserta didik di Indonesia. Hal ini sesuai dengan pernyataan guru Fisika dan IPA di Provinsi Lampung, bahwasanya guru sudah mengetahui *numeracy skills* namun belum menerapkannya secara utuh pada program pembelajaran yang mampu melatih *numeracy skills* peserta didik. Kemampuan *numeracy skills* sangat dibutuhkan dalam menyelesaikan masalah sehari-hari baik personal maupun global. *Numeracy skills* perlu dikuatkan untuk membangun *CPS*.

Salah satu masalah kompleks yang dihadapi semua warga negara adalah pemanasan global. Kompetensi dasar mempelajari konsep pemanasan global, peserta didik mampu menganalisis, gejala, dampak, dan memberikan solusi

terhadap pemanasan global. Namun faktanya di lapangan peserta didik belum dapat menjelaskan gejala pemanasan global dengan benar dan peserta didik belum menyadari bahwa gejala pemanasan global adalah ulah manusia yang tidak bertanggung jawab. Pemahaman dan aplikasi mempelajari konsep pemanasan global belum tercapai. Sehingga dibutuhkan program pembelajaran secara utuh yang mampu meningkatkan pemahaman konsep sains peserta didik secara utuh sehingga mampu melatih *CPS* dan *numeracy skills*.

NOS dipandang mampu untuk menjawab kebutuhan tersebut. *NOS* mampu meningkatkan pemahaman peserta didik tentang konsep sains dan memungkinkan peserta didik untuk membuat keputusan berdasarkan informasi baik masalah pribadi dan sosial berbasis ilmiah. *NOS* harus dimasukkan ke dalam pembelajaran sesuai tuntutan pendidikan sains dunia. *NOS* membantu peserta didik untuk meningkatkan kesadaran terhadap masalah yang kompleks. Melalui aktivitas orientasi masalah yang dimuat dengan investigasi ilmiah, diharapkan peserta didik mampu mengartikulasikan masalah dan mengidentifikasi gejala dan akar penyebab secara sistematis dalam bentuk komunikasi rinci, terorganisir dan logis. Aktivitas orientasi masalah perlu juga dimuati bukti empiris berupa argumen sains dan bukti nyata sehingga peserta didik mampu mengidentifikasi solusi akhir dari suatu permasalahan lebih dini.

Pada aktivitas konseptualisasi terdapat dua sub aktivitas. Pertama, generalisasi, peserta didik membangun pertanyaan awal mengenai dugaan masalah dan bagaimana menyelesaikan masalah tersebut, tahap ini mengakomodir semua bentuk pertanyaan yang nantinya akan mengerucut menjadi argumen logis dan ilmiah, aktivitas ini melatih peserta didik menemukan pertanyaan, pernyataan dan ide kreatif. Peserta didik akan menyintesis beberapa opsi dan melakukan analisis awal yang nantinya akan disepakati menjadi hipotesis awal mengenai masalah yang disajikan. Peserta didik perlu merujuk kepala model sains, hukum, atau mekanisme ilmiah dalam membuat hipotesis awal, sehingga menghasilkan penafsiran logis, konsisten berdasarkan bukti teoritis, nantinya diharapkan keputusan dan kesimpulan yang memuat kebenaran.

Aktivitas penyelidikan yang memuat proses pendataan sistematis dan terencana untuk melakukan eksperimen. Sains adalah cara mengetahui melalui empiris, logis, dan tujuan tertentu menggunakan teori, ide, hukum dan keyakinan sains. Aktivitas ini diharapkan dapat menunjukkan solusi dan pemahaman yang mendalam, prosedur yang akurat, dan pemilihan strategi yang tepat. Data yang didapatkan selama penyelidikan akan direpresentasikan secara akurat menggunakan pemodelan matematika berdasarkan bukti yang konsisten, mempertimbangkan sudut pandang atau alternatif.

Aktivitas proses penarikan kesimpulan dari data penyelidikan dan membanding hipotesis. Peserta didik mempelajari bahwa dalam menyelesaikan masalah ilmiah adalah usaha dari manusia yang melibatkan imajinasi, kreativitas, kerangka teoritis, ilmuwan sebelumnya. Kesimpulan dapat disampaikan berupa representasi matematis dan peserta didik mengkomunikasikan kepada seluruh anggota kelas.

Aktivitas diskusi memuat refleksi seluruh kegiatan pembelajaran dan mengumpulkan umpan balik. Aktivitas ini dimuati dengan indikator *NOS* bahwasanya fenomena sains juga bergantung dengan etika, nilai-nilai, dan perilaku manusia kepada alam. Keputusan dalam menyelesaikan masalah tidak hanya melibatkan hukum sains saja tapi juga mempertimbangkan sosial dan budaya. Peserta didik akan membuat hubungan yang tepat dalam membuat keputusan dalam menyelesaikan masalah yang kompleks dan menghasilkan rencana tindak lanjut yang sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, penelitian ini dirancang untuk mengembangkan program pembelajaran berbasis *NOS* untuk melatih *CPS* dan *numeracy skills* pada konsep pemanasan global.

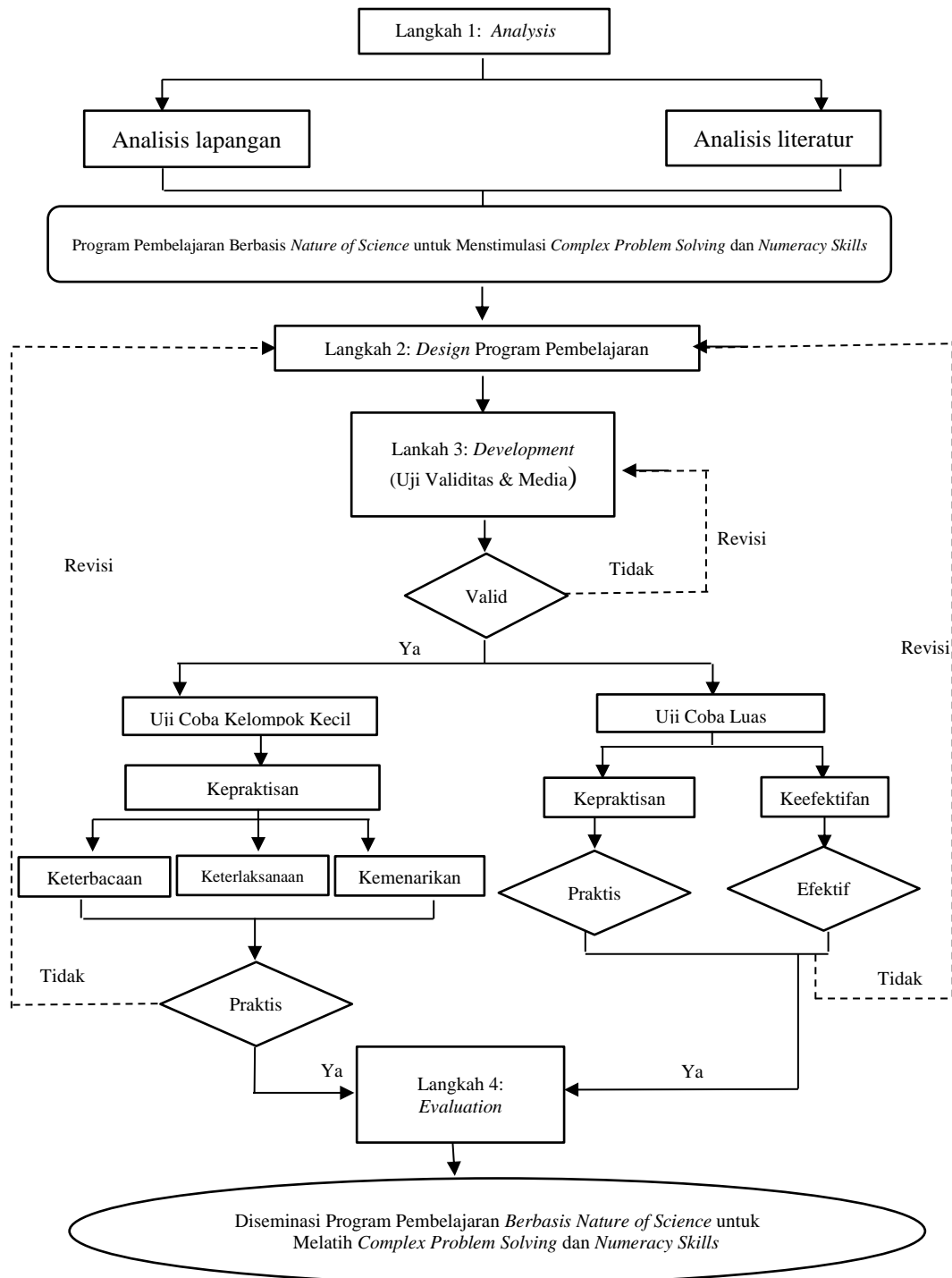
III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian Pengembangan

Desain penelitian pengembangan ini menggunakan *Design and Development Research (DDR)* kategori penelitian pengembangan produk yang diadaptasi dari Richey and Klien (2007). Richey and Klien (2007) menyatakan bahwa DDR merupakan design yang terstruktur dan melibatkan beberapa proses, mulai dari proses desain dan pengembangan serta evaluasi yang didasarkan pada penelitian empiris.

3.2 Prosedur Pengembangan Produk

Prosedur penelitian pengembangan merupakan langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti untuk membuat suatu produk. Prosedur pada penelitian ini menggunakan pendekatan *Design and Development Research (DDR)* dari Richey & Klein (2007) yang memiliki prosedur penelitian, yaitu *analyse* (analisis), *design* (desain), *development* (pengembangan), dan *evaluation* (evaluasi). Prosedur penelitian pengembangan ini juga dapat dilihat pada Gambar 2.



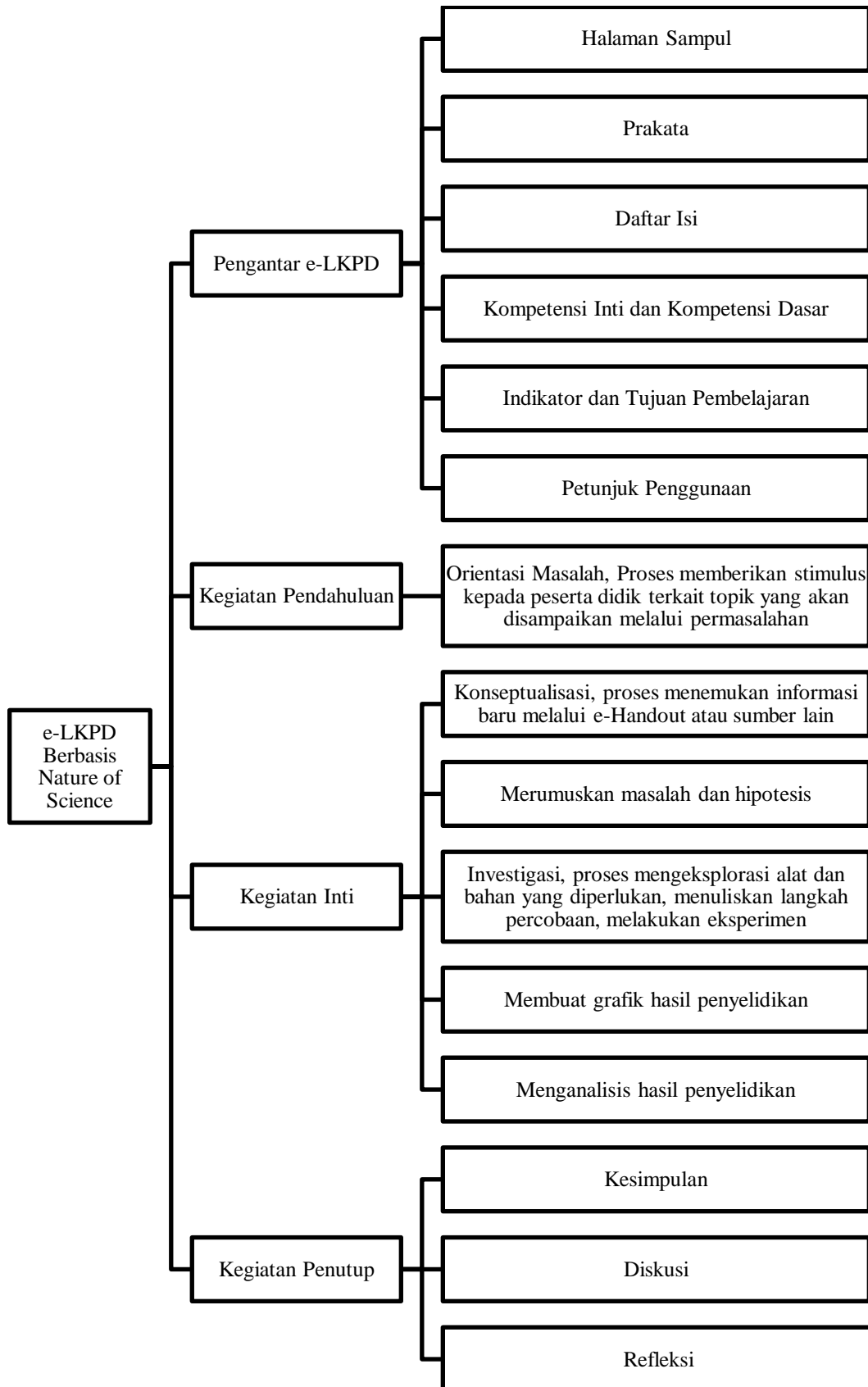
Gambar 2. Diagram Alur Penelitian.

3.2.1 Tahap *Analysis*

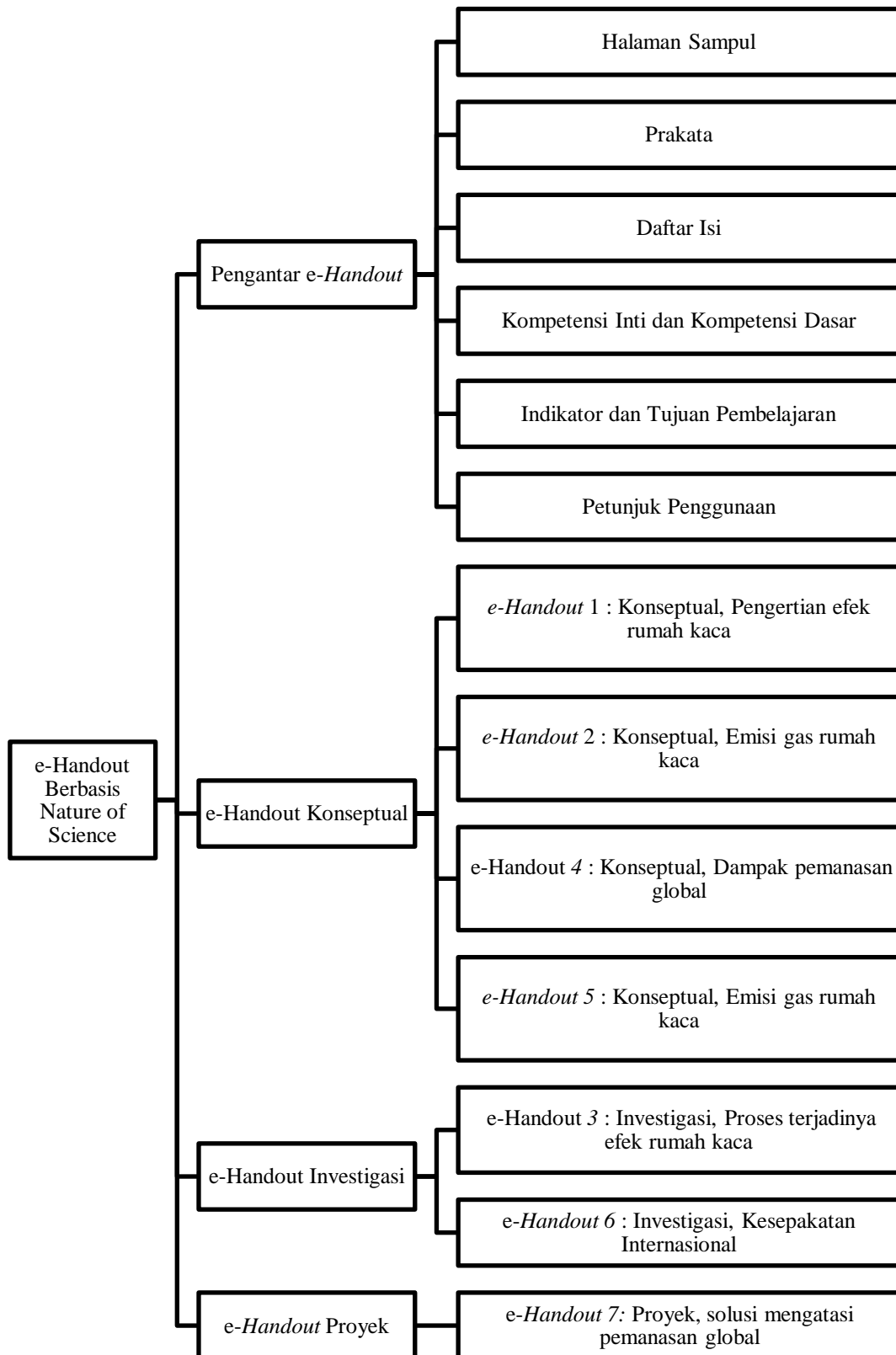
Analysis merupakan tahap untuk menjaring *need assessment* dengan mengidentifikasi kenyataan atau masalah yang ada di lapangan dan harapan atau keadaan yang seharusnya, untuk kemudian diberikan solusi dengan mengembangkan produk berupa program pembelajaran. Tahap *analysis* juga dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui studi literatur dengan mengkaji buku, jurnal, maupun internet yang terkait dengan produk yang akan dikembangkan.

3.2.2 Tahap *Design*

Design merupakan tahap peneliti merancang produk berupa program pembelajaran yang terdiri dari silabus, rencana pelaksanaan pembelajaran, e-LKPD, dan *e-Handout* yang akan dikembangkan dengan didasarkan pada hasil analisis yang telah dilakukan. Tahap ini dilakukan oleh peneliti dengan pengumpulan referensi untuk pembuatan program pembelajaran, perancangan program pembelajaran, dan dilanjutkan pembuatan instrumen berupa lembar skala uji validitas, uji keterbacaan dan uji kemenarikan, lembar observasi keterlaksanaan program pembelajaran, instrument tes *CPS* dan *numeracy skills*. Adapun desain e-LKPD dan *e-handout* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Desain e-LKPD

Gambar 4. Desain *e-Handout*

3.2.3 Tahap *Development* dan *Evaluation*

Tahap berikutnya yaitu *development* (pengembangan) produk sesuai dengan *design* yang telah dibuat. Tahap ini menghasilkan program pembelajaran yang kemudian dilakukan uji validitas dan uji kepraktisan yang terdiri dari keterbacaan dan kemenarikan, dan uji efektivitas.

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang akan digunakan pada penelitian pengembangan ini, yaitu pedoman wawancara, angket, lembar skala, dan instrumen tes dalam bentuk esai.

3.3.1 Pedoman Wawancara

Pedoman wawancara digunakan sebagai panduan dalam melakukan wawancara kepada narasumber untuk mendapatkan informasi terkait dengan penelitian yang dilakukan. Wawancara dilakukan secara semi terstruktur, yaitu topik atau pertanyaan yang akan diajukan direncanakan sebelumnya (Fox, 2009).

Wawancara ini dilakukan kepada beberapa guru fisika dan peserta didik SMA yang ada di Provinsi Lampung untuk analisis kebutuhan terkait pembelajaran Fisika dan ketersediaan program pembelajaran untuk pelajaran tersebut.

3.3.2 Angket dan Lembar Skala

Angket yang digunakan berupa daftar pertanyaan yang diberikan oleh peneliti kepada responden untuk mendapatkan keterangan dari responden mengenai suatu masalah. Data dalam penelitian ini akan diperoleh dengan menggunakan instrumen angket analisis kebutuhan, lembar skala uji validitas, lembar skala uji kepraktisan yang terdiri dari kemenarikan, keterbacaan dan lembar observasi keterlaksanaan program pembelajaran. Angket analisis kebutuhan terdiri dari

angket guru dan peserta didik yang berisi pertanyaan mengenai kegiatan pembelajaran fisika, terkhusus pada konsep pemanasan global.

Lembar skala uji validitas akan diisi oleh tiga validator yang ahli di bidang materi dan konstruk serta media dan desain. Pengisian lembar skala ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk sehingga dapat digunakan guru sebagai media pembelajaran. Penskoran pada lembar skala uji validitas ini menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari (Ratumanan & Laurens, 2011) yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala Likert pada Uji Validitas.

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat valid	4
Valid	3
Kurang valid	2
Tidak valid	1

Lembar skala uji kepraktisan akan diisi oleh peserta didik untuk mengetahui kepraktisan produk. Penskoran pada lembar skala uji kepraktisan ini menggunakan skala likert yang diadaptasi (Ratumanan & Laurens, 2011) yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Skala *Likert* pada Uji Kepraktisan.

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat setuju	4
Setuju	3
Kurang setuju	2
Tidak setuju	1

3.3.3. Instrumen *pre-post test*

Instrumen *pre-posttest* yang dibuat berupa instrumen tes *CPS* dan *numeracy skills*. Instrumen tes yang digunakan telah memenuhi prasyarat instrumen yang baik yaitu uji: validitas, reliabilitas, daya pembeda dan taraf kesukaran.

1. Uji validitas Instrumen

Instrumen dikatakan valid apabila dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur referensi (Arikunto, 2021). Hasil uji validitas dihitung menggunakan rumus product moment sebagai berikut

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(N \sum X^2 - (\sum X)^2)(N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Keterangan :

r_{xy} = koefisien korelasi antara variabel X dan variabel Y

N = banyaknya peserta didik

X = Nilai butir soal

Y = Nilai total

Uji validitas konstruk perlu dilakukan untuk membandingkan hasil output r_{xy} dengan r_{tabel} pada taraf signifikansi 5% dengan menetapkan derajat kebebasan terlebih dahulu, yaitu $df = N - 2$. Tabel kategori validitas lapangan berdasarkan perbandingan output r_{xy} dengan r_{tabel} dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kriteria Kevalidan Instrumen *Test*.

Ketentuan Nilai r_{tabel}	Kategori
$r_{xy} \geq r_{tabel}$	Valid
$r_{xy} < r_{tabel}$	Tidak Valid

Kriteria koefisien korelasi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kriteria Koefisien Korelasi

Ketentuan Nilai r_{tabel}	Kategori
$0,800 < r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,600 < r_{xy} \leq 0,790$	Tinggi
$0,400 < r_{xy} \leq 0,590$	Cukup
$0,200 < r_{xy} \leq 0,390$	Rendah
$0,000 < r_{xy} \leq 0,190$	Sangat Rendah

Pada penelitian ini uji validitas konstruk menggunakan bantuan *software anatesV4*.

2. Reliabilitas Instrumen

Uji reliabilitas merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui taraf kepercayaan. Suatu tes dapat dikatakan mempunyai taraf kepercayaan yang tinggi jika tes tersebut dapat memberikan hasil yang tetap (Arikunto, 2021). Dalam penelitian ini pengujian hanya menggunakan sebuah tes dan dicoba satu kali. Untuk mengetahui reliabilitas seluruh tes harus digunakan rumus Spearman-Brown (Eisinga *et al.*, 2013).

$$r_{11} = \frac{2r_{1/2\ 1/2}}{(1 + r_{1/2\ 1/2})}$$

Keterangan:

r_{11} = koefisien reliabilitas yang sudah disesuaikan

$r_{1/2\ 1/2}$ = korelasi antara Nilai-Nilai setiap belahan tes

Penentuan klasifikasi koefisien korelasi reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kriteria Koefisien Korelasi

Ketentuan Nilai r_{tabel}	Kategori
$0,800 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,600 < r_{11} \leq 0,790$	Tinggi
$0,400 < r_{11} \leq 0,590$	Cukup
$0,200 < r_{11} \leq 0,390$	Rendah
$0,000 < r_{11} \leq 0,190$	Sangat Rendah

Dalam penelitian ini, uji reliabilitas menggunakan bantuan *software AnatesV4* kemudian output nilai koefisien reliabilitas diinterpretasikan dalam sebuah kriteria reliabilitas.

3. Taraf Kesukaran

Soal yang baik adalah soal yang tidak terlalu mudah atau tidak terlalu sukar (Arikunto, 2021). Bilangan yang menunjukkan sukar dan mudahnya suatu soal disebut indeks kesukaran (*difficulty index*). Besarnya indeks kesukaran antara 0,00 sampai dengan 1,00. Dalam penelitian ini, uji taraf kesukaran menggunakan

bantuan *software AnatesV4* kemudian output indeks kesukaran diinterpretasikan dalam sebuah kategori. Kategori indeks kesukaran dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kategori Indeks Kesukaran

Ketentuan Nilai r_{tabel}	Kategori
0,00 – 0,30	Sukar
0,31 – 0,70	Sedang
0,71 – 1,00	Mudah

4. Daya Pembeda

Daya pembeda adalah kemampuan suatu soal untuk membedakan antara peserta didik yang pandai (berkemampuan tinggi) dengan peserta didik yang kurang pandai (berkemampuan rendah) (Arikunto, 2021). Dalam penelitian ini, uji daya pembeda menggunakan bantuan *software AnatesV4* kemudian output daya pembeda diinterpretasikan dalam sebuah klasifikasi tertentu. Klasifikasi daya pembeda dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Klasifikasi Data Pembeda

Daya Pembeda	Kategori
Negatif	Drop
0,00 – 0,20	Buruk
0,21 – 0,40	Cukup
0,41 – 0,70	Baik
0,71 – 1,00	Sangat Baik

3.4 Matriks Ringkasan Metode Penelitian

Tabel 13. Ringkasan Metode Penelitian

Variabel dan Data	Instrumen	Metode	Cara Analisis Data
Validitas 1. Data hasil uji validitas media dan desain program pembelajaran menggunakan strategi <i>NOS</i> 2. Data hasil uji validitas materi dan konstruk <i>e-</i> program pembelajaran menggunakan <i>NOS</i>	Lembar skala uji validitas	Memberikan lembar uji kevalidan dan program pembelajaran menggunakan <i>NOS</i> kepada tiga ahli	a. Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji validitas produk dari validator b. Menghitung rata-rata hasil penilaian uji validitas produk dari validator c. Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana, (2005), lalu mengonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011)
Kepraktisan Data hasil uji kepraktisan	1. Lembar skala keterbacaan 2. Lembar skala kemenarikan 3. Lembar observasi keterlaksanaan program pembelajaran	Memberikan lembar skala uji kepraktisan kepada peserta didik yang telah melaksanakan pembelajaran dengan program menggunakan <i>NOS</i>	a. Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji kepraktisan produk dari peserta didik b. Menghitung rata-rata hasil penilaian uji kepraktisan produk c. Menghitung persentase dengan persamaan menurut (Sudjana, 2005c), lalu mengonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011)
Keefektifan Data keefektifan terhadap penerapan program pembelajaran menggunakan <i>NOS</i>	1. Instrumen tes <i>CPS</i> dan <i>numeracy skills</i> 2. Penilaian <i>CPS</i> dan <i>numeracy skills</i>	Memberikan instrumen tes kepada peserta didik yang telah melaksanakan pembelajaran dengan program <i>NOS</i> dan memberikan <i>e-LKPD</i> dan <i>e-handout</i> .	a. Menghitung skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> dari peserta didik b. Melakukan uji normalitas c. Melakukan uji beda rata d. Melakukan uji <i>N gain</i> e. Melakukan uji analysis of covariance f. Melihat <i>effect Size</i> g. Melihat aktivitas yang dilakukan peserta didik pada <i>e-LKPD</i> dan <i>e-handout</i>

3.5 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*) (Wisdom & Creswell, 2013), yaitu kualitatif dan kuantitatif dengan teknik analisis data sebagai berikut.

3.5.1 Data untuk Validitas

Data validitas diperoleh dari lembar skala uji ahli materi dan konstruk serta uji ahli media dan desain yang diisi oleh validator, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005a).

$$\% X = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil persentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011) seperti yang terlihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk

Persentase	Kriteria
0,00%-20%	Validitas sangat rendah/ tidak baik
20,1%-40%	Validitas rendah/ kurang baik
40,1%-60%	Validitas sedang/ cukup baik
60,1%-80%	Validitas tinggi/ baik
80,1%-100%	Validitas sangat tinggi/ sangat baik

Berdasarkan Tabel 14, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori *valid* jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 60% dengan kriteria validitas sedang.

3.5.2 Data untuk Kepraktisan

Data kepraktisan diperoleh dari lembar skala keterbacaan yang diisi oleh peserta didik, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005b).

$$\% X = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil persentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011) seperti yang terlihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk

Persentase	Kriteria
0,00%-20%	kepraktisan sangat rendah/ tidak praktis
20,1%-40%	kepraktisan rendah/ kurang praktis
40,1%-60%	kepraktisan sedang/ cukup praktis
60,1%-80%	kepraktisan tinggi/ praktis
80,1%-100%	kepraktisan sangat tinggi/ sangat praktis

Berdasarkan Tabel 15. peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 60% dengan kriteria kepraktisan sedang.

3.5.6 Data untuk efektivitas

Data efektivitas diperoleh dari penerapan produk pada saat uji coba luas. uji coba luas akan menggunakan dari instrument tes yang telah teruji sehingga diperoleh data skor *pretest* dan *posttest* peserta didik yang diubah menjadi nilai untuk menghitung *CPS* dan *numeracy skills* peserta didik. Adapun uji yang dilakukan sebagai berikut.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan uji asumsi yang bertujuan untuk mempelajari apakah distribusi sampel yang terpilih berasal dari sebuah distribusi populasi normal atau tidak normal. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji *one sample kolmogorov-smirnov* (Razali & Wah, 2011) pada software SPSS. Rumusan hipotesis untuk uji ini adalah:

H_0 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Nilai Sig < 0,05 maka distribusinya adalah tidak normal.

Nilai Sig > 0,05 maka distribusinya adalah normal.

2. Uji Beda Rata-Rata

Setelah dinyatakan bahwa sampel berdistribusi normal kemudian dilakukan uji statistik yang lain, yaitu Uji *Independent Sample t-Test*. Uji *Independent Sample t-Test* bertujuan untuk menguji perbedaan rata-rata dua kelompok. Dua kelompok dalam penelitian ini adalah kelas kontrol dan kelas eksperimen. Hipotesis yang digunakan dalam uji independent sample t test ini adalah:

H_0 = Tidak ada perbedaan nilai penguasaan konsep sebelum dan sesudah menggunakan Program Pembelajaran berbasis *Nature of Science*

H_1 = Ada perbedaan nilai penguasaan konsep sebelum dan sesudah menggunakan Program Pembelajaran berbasis *NOS*

3. Uji *N gain*

Gain merupakan selisih antara nilai *posttest* dan *pretest*, gain menunjukkan peningkatan pemahaman atau penguasaan konsep peserta didik setelah pembelajaran yang dilakukan guru. Sedangkan, *N gain* (Normal gain) merupakan uji yang digunakan ketika ingin mengetahui “*judgement* nilai” bagaimana hasil peningkatan yang terjadi, apakah tinggi, sedang, atau rendah. Berikut rumus yang digunakan untuk uji normal gain (Hake, 1998)

$$N\ gain = \frac{skor\ posttes - skor\ pretest}{skor\ ideal - skor\ pretest}$$

Untuk mengetahui kategori peningkatan berdasarkan N-gain dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Klasifikasi Nilai *N gain*

Klasifikasi	Kategori
< 0,3	Rendah
0,3 – 0,7	Sedang
>0,7	Tinggi

4. Uji *Analysis of Covariance* (ANCOVA)

Analisis data penelitian ini dilakukan menggunakan SPSS versi 21 untuk ketelitian dalam pengujian hipotesis penelitian. Hasil analisis dari semua variabel terikat dirangkum untuk menemukan pola umum. Tujuan ANCOVA adalah untuk mengetahui atau melihat pengaruh treatment/perlakuan/faktor terhadap variabel dependen dengan mengontrol variabel lain (Field, 2009).

5. *Effect Size*

Pengukuran besarnya efek penggunaan dari program pembelajaran berbasis *NOS* terhadap *CPS* dan *numeracy skills* peserta didik, dengan menggunakan rumus *effect size* sebagai berikut (Hake, 1999)

$$d = \frac{mA - mB}{[Sd^2A + Sd^2B]/2}^{1/2}$$

Keterangan:

d = *effect size*

mA = nilai rata-rata *gain* kelas eksperimen

mB = nilai rata-rata *gain* kelas control

sdA = standar deviasi kelas eksperimen

sdB = standar deviasi kelas control

Kriteria dari nilai *Effect size* dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Kriteria Nilai *Effect Size*

Nilai <i>Effect Size</i>	Kategori
0 < d < 0,2	Efek Kecil
0,2 < d < 0,8	Efek Sedang
d > 0,8	Efek Besar

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penelitian ini menghasilkan program pembelajaran berupa silabus, RPP, e-LKPD, dan *e-Handout* berbasis *NOS* yang valid, praktis, dan efektif untuk menstimulus *complex problem solving* dan *numeracy skills*. Silabus yang dikembangkan memuat beberapa komponen yaitu identitas, KI, KD, IPK, materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran, rencana penilaian, sumber belajar dan alokasi waktu yang dikembangkan sesuai kebutuhan sehingga dapat menstimulus *CPS* dan *numeracy skills*. Kegiatan pembelajaran yang termuat pada silabus dan RPP memiliki beberapa fase. Fase orientasi masalah memuat kegiatan pembelajaran yang memfasilitasi siswa untuk mengartikulasikan masalah, mengidentifikasi fitur penting dari masalah, mendeskripsikan grafik, menerapkan fakta untuk membangun, mempertahankan atau menentang keputusan. Fase konseptualisasi melatih siswa untuk *brainstorming* pilihan kreatif, mengorganisasikan konsep, dan membuat asumsi yang tepat. Fase investigasi melatih siswa dalam penggunaan representasi berupa variabel, simbol, dan diagram dengan mempertimbangkan kondisi dunia nyata. Fase kesimpulan melatih siswa untuk menetapkan tindakan sesuai kebutuhan dan mengomunikasikan hasil yang diperoleh, dan mengevaluasi kewajaran solusi masalah dengan mempertimbangkan normal di masyarakat. Berdasarkan kegiatan pembelajaran tersebut yang berbasis *NOS* dapat melatih *CPS* dan *numeracy skills* peserta didik pada konsep pemanasan global.

e-LKPD yang dikembangkan memuat IPK, tujuan pembelajaran, dan kegiatan pembelajaran yang sesuai dengan silabus dan RPP. Pengembangan e-LKPD menggunakan *platform canva* memfasilitasi peserta didik untuk menstimulus *CPS* dan *numeracy skills*. Masalah yang disajikan berupa grafik interaktif, video, artikel, dan simulasi bisa diakses langsung pada halaman yang sama. Kebutuhan peserta didik dalam mengartikulasikan masalah, mengidentifikasi, *brainstorming*, menganalisis, memilih opsi, mengembangkan rencana, dan menetapkan rencana sesuai kebutuhan terfasilitasi dengan baik. *e-Handout* yang dikembangkan terdiri dari 1) *e-Handout* konseptual, 2) *e-Handout* investigasi, dan 3) *e-Handout* proyek. Tambahan atau melengkapi kegiatan pembelajaran yang termuat di dalam RPP dan e-LKPD. Program pembelajaran dinyatakan valid dengan kategori sangat tinggi.

2. Program pembelajaran berbasis *NOS* praktis digunakan sebagai bahan ajar konsep pemanasan global pada peserta didik SMA kelas XI berdasarkan uji kepraktisan dengan keterlaksanaan program pembelajaran mendapat skor persentase 100%, uji keterbacaan mendapat skor persentase 98.08% dan uji kemenarikan mendapat skor persentase 97%.
3. Program pembelajaran berbasis *NOS* efektif digunakan sebagai bahan ajar untuk membangun *CPS* dan *numeracy skills* berdasarkan hasil uji beda, *n gain*, dan *effect size*. Keefektifan program pembelajaran berbasis *NOS* mendapat skor *N gain* sebesar 0.75 dengan *effect size* sebesar 0.811 dengan kategori tinggi serta *sig.* $0.000 < 0.05$ yang menunjukkan adanya perbedaan rata-rata antar kelas eksperimen dan kelas kontrol.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dibuat, peneliti memberikan saran sebagai berikut.

1. Peneliti maupun guru yang hendak mengadaptasi program pembelajaran berbasis *NOS* pada pembelajaran fisika diharapkan dapat mengalokasikan waktu dengan sebaik mungkin, untuk memaksimalkan *complex problem solving* dan *numeracy skills*.

2. Program pembelajaran berbasis *NOS* sebaiknya digunakan secara berkala, supaya peserta didik terbiasa sehingga output yang dihasilkan lebih maksimal.
3. Peneliti selanjutnya dapat mengembangkan bentuk media pembelajaran yang dapat diintegrasikan dalam program pembelajaran berbasis *NOS*, supaya dihasilkan produk yang lebih lengkap dengan harapan kemampuan yang dilatihkan lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353–374.
- Akgun, S. (2020). How Do University Students Perceive the Nature of Science? *Science and Education*, 29(2), 299–330. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00105-x>
- Akgun, S., & Kaya, E. (2020). How do university students perceive the nature of science? *Science & Education*, 29(2), 299–330.
- Alatas, F., & Nurlela, A. (2015). *Termodinamika 1*. Jakarta: UIN Press.
- Aldabbus, S. (2018). Project-based learning: Implementation & challenges. *International Journal of Education, Learning and Development*, 6(3), 71–79.
- Alisir, Z. N., & Irez, S. (2020). The effect of replicating historical scientific apparatus on high school students' attitudes towards science and their understanding of nature of science. *Science & Education*, 29(5), 1201–1234.
- Anderson, R. C., Spiro, R. J., & Anderson, M. C. (1978). Schemata as Scaffolding for the Representation of Information in Connected Discourse. *American Educational Research Journal*, 15(3), 433–440. <https://doi.org/10.3102/00028312015003433>
- Ardwiyanti, D., Jumadi, J., Puspitasari, H., & Rahayu, P. (2021). Representations of Nature of Science in High School Physics Textbooks. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 17(1), 22–30.
- Arikunto, S. (2011a). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Bumi Aksara.
- Arikunto, S. (2011b). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Bumi Aksara.

- Bodily, R., Ikahihifo, T. K., Mackley, B., & Graham, C. R. (2018). The design, development, and implementation of student-facing learning analytics dashboards. *Journal of Computing in Higher Education*, 30, 572–598.
- Arikunto, S. (2021). *Dasar-dasar evaluasi pendidikan edisi 3*. Bumi Aksara.
- Askew, M. (2015). Numeracy for the 21st century: a commentary. *ZDM*, 47(4), 707–712.
- Barnes, M., & Cross, R. (2021). ‘Quality’ at a cost: The politics of teacher education policy in Australia. *Critical Studies in Education*, 62(4), 455–470.
- Beatty, I. (2013). Improving physics instruction by analyzing video games. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1513, pp. 70–73). <https://doi.org/10.1063/1.4789654>
- Boersema, D. (2020). Using Real and Imaginary Cases to Communicate Aspects of Nature of Science. In *Nature of Science in Science Instruction* (pp. 283–294). Springer.
- Bouman, T., Verschoor, M., Albers, C. J., Böhm, G., Fisher, S. D., Poortinga, W., Whitmarsh, L., & Steg, L. (2020). When worry about climate change leads to climate action: How values, worry and personal responsibility relate to various climate actions. *Global Environmental Change*, 62, 102061.
- Brunner, J. L., & Abd-El-Khalick, F. (2020). Improving nature of science instruction in elementary classes with modified science trade books and educative curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(2), 154–183.
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., & Lee, C. W. Y. (2021). *21st century skills development through inquiry-based learning from theory to practice*. Springer.
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A critical review of students’ and teachers’ understandings of nature of science. *Science & Education*, 28(3), 205–248.
- Collins, J., Hammond, M., & Wellington, J. (2002). *Teaching and learning with multimedia*. Routledge.
- Cunningham, W. P., & Cunningham, M. A. (2010). *Environmental Science A Global Concern (Eleventh)*. Mc Graw Hill Companies.
- di Salvo, V. S. (1980). *A summary of current research identifying communication skills in various organizational contexts*.

- Dörner, D., & Funke, J. (2017). Complex problem solving: What it is and what it is not. *Frontiers in Psychology*, 8, 1153.
- Dörner, D., & Kreuzig, H. W. (1983). Problemlösefähigkeit und Intelligenz. *Psychologische Rundschau*.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). *A constructivist approach to curriculum development in science*.
- Eichmann, B., Goldhammer, F., Greiff, S., Pucite, L., & Naumann, J. (2019). The role of planning in complex problem solving. *Computers & Education*, 128, 1–12.
- Eisinga, R., Grotenhuis, M. te, & Pelzer, B. (2013). The reliability of a two-item scale: Pearson, Cronbach, or Spearman-Brown?. *International Journal of Public Health*, 58, 637–642.
- El Kharki, K., Berrada, K., & Burgos, D. (2021). Design and implementation of a virtual laboratory for physics subjects in Moroccan universities. *Sustainability*, 13(7), 3711.
- Erduran, S., Dagher, Z. R., & McDonald, C. v. (2019). Contributions of the family resemblance approach to nature of science in science education. *Science & Education*, 28(3), 311–328.
- Eseryel, D., Ifenthaler, D., & Ge, X. (2013). Towards innovation in complex problem solving research: An introduction to the special issue. *Educational Technology Research and Development*, 61(3), 359–363.
<https://doi.org/10.1007/s11423-013-9299-0>
- Fahrurrozi, M., & Mohzana, Z. (2020). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Tinjauan Teoretis dan Praktik*.
- Farida Yusuf, T. (2000). Evaluasi Program. *Rineka Cipta, Yogyakarta*.
- Fenanlampir, A., Batlolona, J. R., & Imelda, I. (2019). The struggle of Indonesian students in the context of TIMSS and PISA has not ended. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(2), 393–406.
- Festiyed, F., & Murtiani, M. (2019). Pembuatan lembar kerja peserta didik berbasis accelerated learning pada materi usaha, pesawat sederhana, struktur dan fungsi tumbuhan untuk peserta didik SMP kelas VIII. *Pillar of Physics Education*, 12(3).
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS, Thrid Edition*.

- Forgasz, H. J., & Hall, J. (2019). Learning about numeracy: The impact of a compulsory unit on pre-service teachers' understandings and beliefs. *Australian Journal of Teacher Education*, 44(2), 15–33.
- Fox, N. (2009). Using interviews in a research project. *The NIHR RDS for the East Midlands/Yorkshire & the Humber*, 26.
- Gal, I., Grotlüschen, A., Tout, D., & Kaiser, G. (2020). Numeracy, adult education, and vulnerable adults: a critical view of a neglected field. *Zdm*, 52(3), 377–394.
- Galili, I. (2019). Towards a Refined Depiction of Nature of Science: Applications to Physics Education. *Science and Education*, 28(3), 503–537. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00042-4>
- Gao, C., Tao, S., He, Y., Su, B., Sun, M., & Mensah, I. A. (2021). Effect of population migration on spatial carbon emission transfers in China. *Energy Policy*, 156, 112450.
- Geiger, V., Goos, M., & Forgasz, H. (2015). A rich interpretation of numeracy for the 21st century: A survey of the state of the field. *ZDM*, 47(4), 531–548.
- Griffin, E. M. (2006). *A first look at communication theory*. McGraw-hill.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Hake, R. R. (1999). Analyzing Change/Gain Scores” dalam www.physycs.indiana.edu/~sdi. *AnalysingChange-Gain. Pdf*.
- Häkkinen, P., Järvelä, S., Mäkitalo-Siegl, K., Ahonen, A., Näykki, P., & Valtonen, T. (2017). Preparing teacher-students for twenty-first-century learning practices (PREP 21): a framework for enhancing collaborative problem-solving and strategic learning skills. *Teachers and Teaching*, 23(1), 25–41.
- Hernawan, A. H., Permasih, H., & Dewi, L. (2012). Pengembangan bahan ajar. *Direktorat UPI, Bandung*, 4(11), 1–13.
- Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641–666.
- Houghton, J. (2009). *Global warming: the complete briefing*. Cambridge university press.

- Kemendikbud. (2016). *Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA)*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Khishfe, R. (2014). Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction in the Context of Socioscientific Issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36(6), 974–1016. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.832004>
- Khishfe, R., Alshaya, F. S., BouJaoude, S., Mansour, N., & Alrudiyan, K. I. (2017). Students' understandings of nature of science and their arguments in the context of four socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 39(3), 299–334.
- Kivunja, C. (2015). Teaching students to learn and to work well with 21st century skills: Unpacking the career and life skills domain of the new learning paradigm. *International Journal of Higher Education*, 4(1), 1–11.
- Kosasih, E. (2021). *Pengembangan bahan ajar*. Bumi Aksara.
- Kurup, P. M., Levinson, R., & Li, X. (2021). Informed-decision regarding global warming and climate change among high school students in the United Kingdom. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 21(1), 166–185.
- Lederman, N. G. (2019). Contextualizing the relationship between nature of scientific knowledge and scientific inquiry. *Science & Education*, 28(3), 249–267.
- Lehnert, M., Fiedor, D., Frajer, J., Hercik, J., & Jurek, M. (2020). Czech students and mitigation of global warming: Beliefs and willingness to take action. *Environmental Education Research*, 26(6), 864–889.
- Lundy, A. D., & Stephens, A. E. (2015). Beyond the literal: Teaching visual literacy in the 21st century classroom. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 1057–1060.
- Luschei, T. F. (2017). 20 Years of TIMSS: Lessons for Indonesia. / *IRJE/ Indonesian Research Journal in Education*/, 6–17.
- Lüssenhop, M., & Kaiser, G. (2020). Refugees and numeracy: what can we learn from international large-scale assessments, especially from TIMSS? *ZDM*, 52(3), 541–555.
- Malik, R. S. (2018). Educational challenges in 21st century and sustainable development. *Journal of Sustainable Development Education and Research*, 2(1), 9–20.

- Mayer, R. E. (1999). based principles for the design of instructional messages: The case of multimedia explanations. *Document Design*, 1(1), 7–19.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107–119.
- McDavid, J. C., Huse, I., & Hawthorn, L. R. L. (2018). *Program evaluation and performance measurement: An introduction to practice*. Sage Publications.
- Megahed, N., & Osman, G. (2020). Examining 21st Century Student Outcomes in Teacher Education Programmes in Higher Education Reform in Egypt. In *Social and Emotional Learning in the Mediterranean* (pp. 130–150). Brill Sense.
- Mullis, I. V. S., International Association for the Evaluation of Educational Achievement., TIMSS & PIRLS International Study Center., & Trends in International Mathematics and Science Study. (2009). *TIMSS advanced 2011 assessment frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center.
- Mutasam, U., Ibrohim, I., & Susilo, H. (2021). Penerapan Pembelajaran Sains Berbasis Inquiry Based Learning Terintegrasi Nature of Science Terhadap Literasi Sains. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 5(10), 1467–1472.
- Newman, M. J. (2005a). Problem based learning: an introduction and overview of the key features of the approach. *Journal of Veterinary Medical Education*, 32(1), 12–20.
- Newman, M. J. (2005b). Problem Based Learning: An introduction and overview of the key features of the approach. *Journal of Veterinary Medical Education*, 32(1), 12–20. <https://doi.org/10.3138/jvme.32.1.12>
- Nieveen, N. (1999). Prototyping to reach product quality. *Design Approaches and Tools in Education and Training*, 125–135.
- Nkomo, M. (2000). The national qualifications framework and curriculum development. *Pretoria: South African Qualification Authorities*.
- Nukusheva, A., Ilyassova, G., Rustembekova, D., Zhamiyeva, R., & Arenova, L. (2021). Global warming problem faced by the international community: International legal aspect. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 21(2), 219–233.
- OECD. (2015). *Results in Focus PISA 2015*. OECD Publishing.
- OECD. (2019). PISA 2018 insights and interpretations. In *OECD Publishing*.

- Patel, N., Baker, S. G., & Scherer, L. D. (2019). Evaluating the cognitive reflection test as a measure of intuition/reflection, numeracy, and insight problem solving, and the implications for understanding real-world judgments and beliefs. *Journal of Experimental Psychology: General*, *148*(12), 2129.
- Prabavathi, R., & Nagasubramani, P. C. (2018). Effective oral and written communication. *Journal of Applied and Advanced Research*, *3*(S1), 29. <https://doi.org/10.21839/jaar.2018.v3is1.164>
- Prabawati, M. N., Herman, T., & Turmudi, T. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Siswa Berbasis Masalah dengan Strategi Heuristic untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Matematis. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *8*(1), 37–48.
- Pribadi, B. A. (2009). Desain sistem pembelajaran. *Jakarta: PT Dian Rakyat*.
- Purnamasari, A., Karoma, K., Bukhori, K. A., & Sairi, A. P. (2020). Analisis Persepsi Peserta Didik Terhadap Lembar Kerja Peserta Didik Pembelajaran Fisika SMA Negeri 8 Palembang. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, *4*(1), 6–15.
- Rahayu, C., & Festiyed, F. (2019). Validitas perangkat pembelajaran fisika SMA berbasis model pembelajaran generatif dengan pendekatan open-ended problem untuk menstimulus keterampilan berpikir kritis peserta didik. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, *7*(1), 1–6.
- Ramadhani, R., Masrul, M., Nofriansyah, D., Abi Hamid, M., Sudarsana, I. K., Sahri, S., Simarmata, J., Safitri, M., & Suhelayanti, S. (2020). *Belajar dan pembelajaran: konsep dan pengembangan*. Yayasan Kita Menulis.
- Ratumanan, T. G., & Laurens, T. (2011). Penilaian hasil belajar pada tingkat satuan pendidikan. *Surabaya: Unesa*.
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, *2*(1), 21–33.
- Richey, R. C., Klein, J. D., & Nelson, W. A. (2007). *Developmental Research: Studies of Instructional Design and Development. Handbook of Research for Educational Communication and Technology*. New York: MacMillan Simon & Schuster.
- Riemer, M. J. (2007). Communication skills for the 21st century engineer. *Global J. of Engng. Educ*, *11*(1), 89–100.

- Rohendi, D. (2019). Game-Based Multimedia for Horizontal Numeracy Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(15).
- Safitri, R., Haryanto, H., & Harizon, H. (2021). Development of PBL-STEM-based E-LKPD to improve students' science literacy skills on reaction rate materials. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 13(2), 113–129.
- Sarikhani, R., Salari, M., & Mansouri, V. (2016). The Impact Of E-Learning On University Students' academic Achievement And Creativity. *Journal of Technical Education and Training*, 8(1).
- Schizas, D. (2016). Nature of Science or Nature of the Sciences? *Science Education*, 100(4), 706–733. <https://doi.org/10.1002/sce.21216>
- Schmid, C. (2003). Energiequerschnittstechniken-Einsparpotentiale, Hemmnisse und Massnahmen zu ihrer Erschliessung. *VDI-Berichte*, 21–35.
- Sejati, K. (2011). *Global warming, food, and water: problems, solutions, and the changes of world geopolitical constellation*. Gadjah Mada University Press.
- Seyedmehdi, S. M., Yazdanparast, T., Salehpour, S., Masjedi, M. R., Boyes, E., Stanisstreet, M., & Attarchi, M. (2013). Original Report Global Warming: Knowledge and Views of Iranian Students. In *Acta Medica Iranica* (Vol. 51, Issue 3).
- Shields, R. (2019). The sustainability of international higher education: Student mobility and global climate change. *Journal of Cleaner Production*, 217, 594–602.
- Soliman, N. A. (2014). Using e-learning to develop EFL students' language skills and activate their independent learning. *Creative Education*, 2014.
- Stadermann, H. K. E. (2020). Secondary school students' views of nature of science in quantum physics. *International Journal of Science Education*, 42(6), 997–1016. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1745926>
- Sudjana. (2005a). *Metode Statistik(6th Ed.)*. PT. Tarsito.
- Sudjana. (2005b). *Metode Statistik(6th Ed.)*. PT. Tarsito.
- Sudjana, N. (2005c). *Metode statistika. Bandung: Tarsito, 168.*
- Thomann, E., Trein, P., & Maggetti, M. (2019). What's the problem? Multilevel governance and problem-solving. *European Policy Analysis*, 5(1), 37–57.

- Vincent-Ruz, P., & Schunn, C. D. (2018). The nature of science identity and its role as the driver of student choices. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 1–12.
- Vojř, K., & Rusek, M. (2019). Science education textbook research trends: A systematic literature review. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1496–1516.
- Wardhana, W. A. (2010). Dampak Pemanasan Global: Bencana Mengancam Umat Manusia. *Sebab, Akibat Dan Usaha Penanggulangannya*, Andi, Yogyakarta.
- Weisberg, D. S., Landrum, A. R., Hamilton, J., & Weisberg, M. (2021). Knowledge about the nature of science increases public acceptance of science regardless of identity factors. *Public Understanding of Science*, 30(2), 120–138.
- Weise, J. J., Greiff, S., & Sparfeldt, J. R. (2020). The moderating effect of prior knowledge on the relationship between intelligence and complex problem solving—testing the Elshout-Raaheim hypothesis. *Intelligence*, 83, 101502.
- Widiawati, L., Joyoatmojo, S., & Sudyanto, S. (2018). Higher order thinking skills as effect of problem based learning in the 21st century learning. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 5(3), 96–105.
- Wisdom, J., & Creswell, J. W. (2013). Mixed methods: integrating quantitative and qualitative data collection and analysis while studying patient-centered medical home models. *Rockville: Agency for Healthcare Research and Quality*.
- Yacoubian, H. (2018). Argumentation, critical thinking, nature of science and socioscientific issues: a dialogue between two researchers. *International Journal of Science Education*, 40(7), 796–807.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1449986>
- Yuenyong, C. (2020). Developing a tool to assess students' views of nature of science in vietnam. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 135–145.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.22043>
- Yulando, S., Sutopo, S., & Franklin Chi, T. (2019). Electronic Module Design and Development: An Interactive Learning. *American Journal of Educational Research*, 7(10), 694–698.
- Yulia, S. R., Pratiwi, Y., & Ramli, R. (2021). Validity of physics e-handouts based on the STEM approach to improve students' knowledge competency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876(1), 012035.

Zhuang, H. (2021). Comparison of nature of science representations in five Chinese high school physics textbooks. *International Journal of Science Education*, 43(11), 1779–1798.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1933647>

Zorlu, F., & Zorlu, Y. (2021). Investigation of The Relationship Between Preservice Science Teachers' 21st Century Skills and Science Learning Self-Efficacy Beliefs with Structural Equation Model. *Journal of Turkish Science Education*, 18(1), 1–16.