



TESIS - SK142402

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN  
KIMIA BERBASIS *SCIENCE, TECHNOLOGY,  
ENGINEERING AND MATHEMATICS (STEM)*  
DENGAN TOPIK SISTEM PENDETEKSI GAS  
KARBON MONOKSIDA**

NINA ARIESTA  
1413 203 004

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. rer. nat. FREDY KURNIAWAN, M. Si.  
Prof. Dr. SURYA ROSA PUTRA, M.S.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN PENGAJARAN KIMIA  
JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015





TESIS - SK142402

**Developing Of Chemistry Learning Media Based  
On Science, Technology, Engineering And  
Mathematics (Stem) On Carbon Monoxide  
Detector System Topic**

NINA ARIESTA  
1413 203 004

SUPERVISOR  
Dr. rer. nat. FREDY KURNIAWAN, M. Si.  
Prof. Dr. SURYA ROSA PUTRA, M.S.

MAGISTER PROGRAM  
CHEMISTRY DEPARTMENT  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCE  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015



## HALAMAN PENGESAHAN TESIS

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Sains (M. Si.)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

oleh  
Nina Ariesta  
Nrp. 1413203004

Tanggal ujian : 10 Juli 2015  
Periode wisuda : September 2015

Disetujui oleh:

1. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si.  
NIP. 19740428 199802 1 001



(Pembimbing)

2. Prof. Dr. Surya Rosa Putra, M. S.  
NIP. 19630928 198803 1 001

(Pembimbing)

3. Sri Fatmawati, M. Sc., Ph. D.  
NIP. 19801103 200212 2 001



(Penguji)

4. Nurul Widiastuti, M. Si., Ph. D.  
NIP. 19710425 199412 2 001



(Penguji)

5. Prof. Mardi Santoso, Ph.D.  
NIP. 19650131 198910 1 001



(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.  
NIP. 19640405 199002 1 001

# **Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis *Science, Technology, Engineering And Mathematics (Stem)* Dengan Topik Sistem Pendeteksi Gas Karbon Monoksida**

Nama mahasiswa : Nina Ariesta  
NRP : 1413203004  
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Surya Rosa Putra, M. S.  
2. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si.

## **ABSTRAK**

Pada proses pembelajaran sains, khususnya kimia, diperlukan proses transfer pengetahuan ke dalam kehidupan nyata. Untuk menjembatani proses transfer pengetahuan tersebut, diperlukanlah suatu metode pembelajaran yang lebih interaktif, yaitu metode pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Pemahaman konsep sains, yang berupa konsep matematika, teknologi dan eksperimen di laboratorium dapat diintegrasikan sehingga siswa akan menjadi lebih memahaminya dalam konteks yang menyeluruh. Salah satu pendekatan yang dapat mengintegrasikan bidang ilmu satu dengan bidang ilmu lainnya adalah pendekatan STEM. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis STEM pada topik sistem pendeteksi gas karbon monoksida (CO) yang dilengkapi dengan scenario pembelajaran dan modul ajar.

Penelitian dilakukan dengan merancang alat pendeteksi gas karbon monoksida yang selanjutnya dihubungkan dengan mikrokontroler, dan ditampilkan dengan program pada komputer/PC. Sensor gas yang digunakan yaitu modul sensor gas model MQ 7. Sensor dikalibrasi dengan menggunakan campuran gas karbon monoksida dan gas nitrogen pada komposisi 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1%, dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Pembuatan modul disesuaikan dengan kurikulum 2013 dan pendekatan pembelajaran STEM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pendeteksi gas CO yang telah divalidasi oleh 2 dosen kimia dan 4 guru kimia SMA/SMK layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran kimia terintegrasi berbasis STEM, dengan skor kelayakan sebesar 3,15 dan modul interaktif STEM sebesar 3,21. Uji coba lapangan dilakukan pada 37 siswa kelas eksperimen dan 37 siswa kelas kontrol di SMKN 5 Surabaya. Berdasarkan hasil uji coba lapangan, terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan baik pada aspek kognitif, afektif, dan psikomotor.

Kata kunci : gas karbon monoksida, media pembelajaran kimia, sistem pendeteksi gas, *Science Technology Engineering and Mathematics (STEM)*.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# Developing Of Chemistry Learning Media Based On Science, Technology, Engineering And Mathematics (Stem) On Carbon Monoxide Detector System Topic

Student name : Nina Ariesta  
NRP : 1413203004  
Advisors : 1. Prof. Dr. Surya Rosa Putra, M. S.  
2. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si.

## ABSTRACT

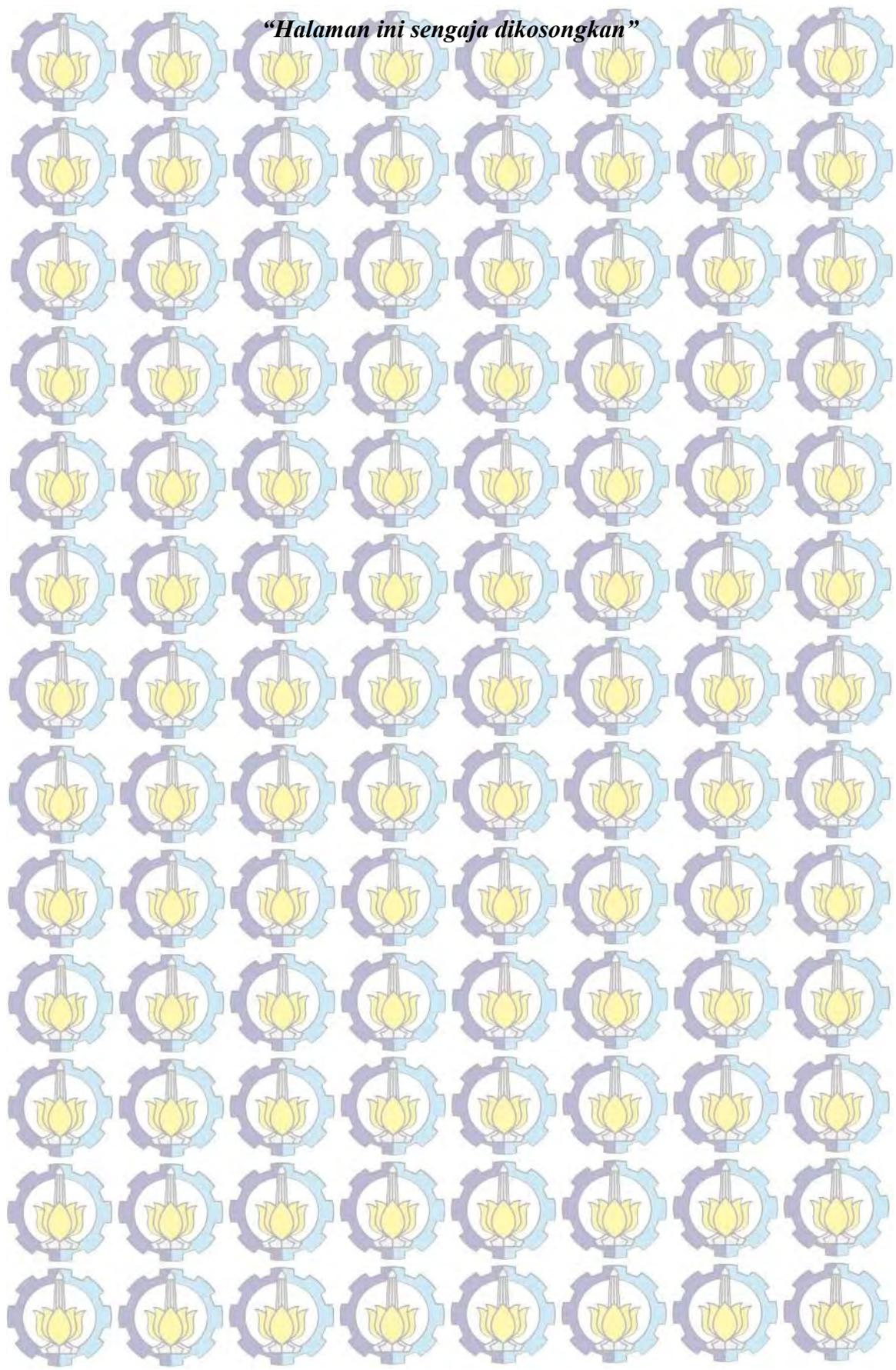
In the learning process of science, especially chemistry, it is necessary to transfer the knowledge in the real life. For obtaining that, it requires the more interactive learning methods, Problem Based Learning (PBL) which is collaborated with scenario based learning. In accordance with the PBL learning model, learners need not only theoretical, but also real activity in the laboratory. The understanding of science concept, which are chemistry, biology, physics, mathematics, technology and laboratory experiment can be integrated, so that student can understand concepts in a holistic context. One approach that can integrate one concept with other disciplines is the STEM approach. This study aims to develop a STEM based learning media on the topic of gas detection systems of carbon monoxide (CO) equipped with instructional modules

. The study was conducted by designing a carbon monoxide detector which is connected to the microcontroller, which will be displayed by the program on the computer / PC. Gas sensor used is module of MQ7 gas sensor. Furthermore, the sensor is calibrated using a gas mixture of carbon monoxide and nitrogen gas at a particular composition by repeating three times. Furthermore, the simulation experiments to detect carbon monoxide gas generated from the chemical reaction. Making modules will be baed on the curriculum in 2013 and STEM learning approach.

The results of this research showed that CO detection system and STEM interactive module which was validated by 2 lecturers and 4 chemistry teachers was valid to be used as STEM chemistry learning media, with the validity score of CO detection system 3.15 and STEM interactive module 3.21. Field trial was done on 37 students of experimental group and 37 students of experimental group in State Vocational High School 5 Surabaya. Based on the result of field trial could be concluded that there was a significant difference in students learning outcome on cognitive, affective, and psychomotoric aspect between experimental and control group.

Keywords : carbon monoxide, chemistry learning media, gas detector, *Science Technology Engineering and Mathematics (STEM)*.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat nikmat serta karunia-Nya serta telah memberi kekuatan, kesabaran serta kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) dengan Topik Sistem Pendeteksi Gas Karbon Monoksida. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister pada program studi Pascasarjana Pengajaran Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) dengan baik dan lancar.

Atas terselesaikannya Tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

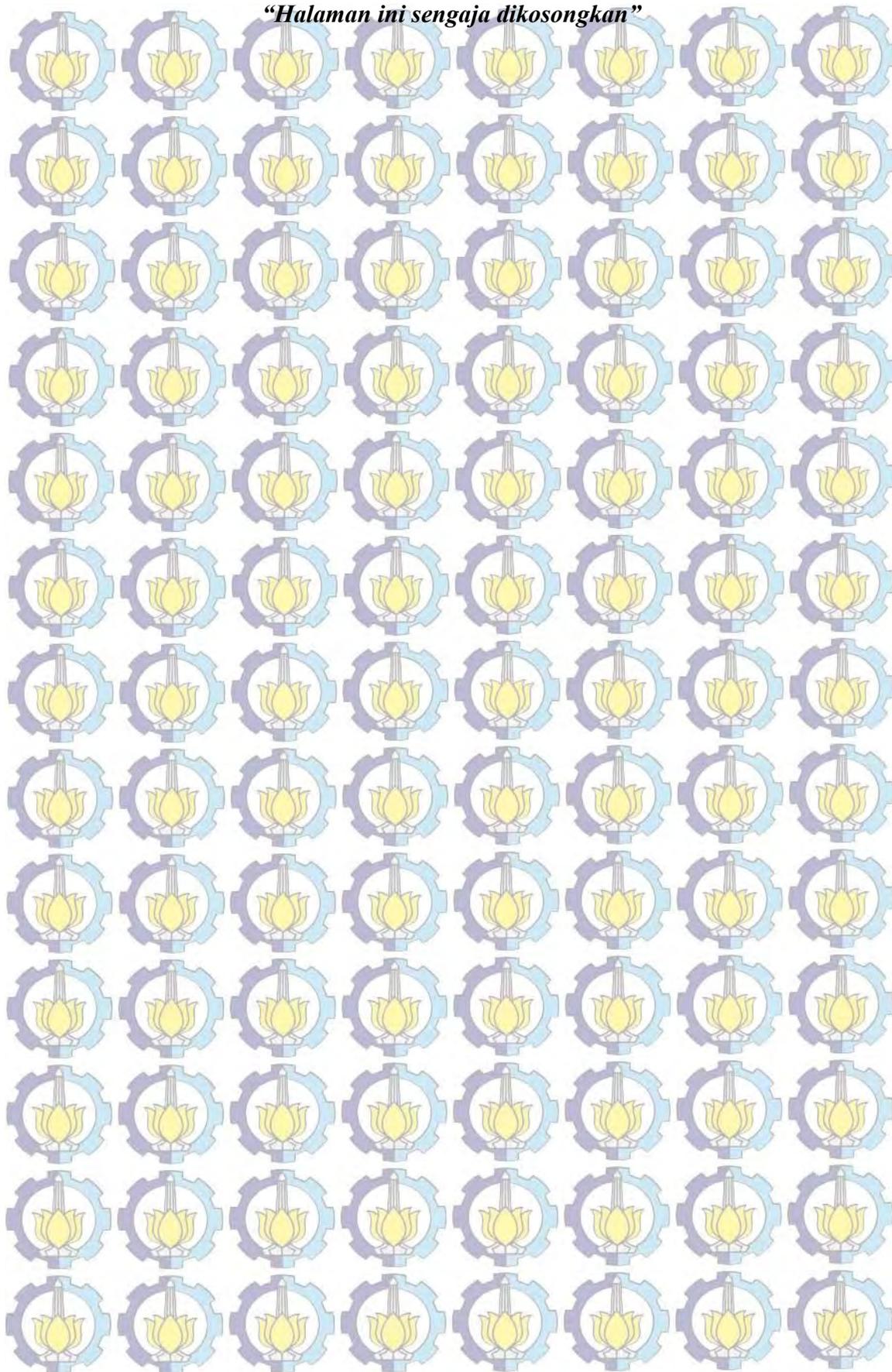
1. Prof. Dr. Surya Rosa Putra, M. S., Ph. D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran dan pengarahan dalam penyusunan Tesis.
2. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M. Si. selaku pembimbing dan dosen wali yang telah memberikan bimbingan akademik selama kegiatan perkuliahan.
3. Prof. Mardi Santoso, Ph. D. selaku ketua prodi Pascasarjana Kimia ITS.
4. Keluarga yang telah memberikan dukungan materiil maupun non materiil.
5. Teman-teman S2 Pengajaran Kimia ITS yang telah berjuang bersama-sama dan teman-teman Laboratorium Kimia Instrumentasi yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan penelitian.
6. Semua pihak yang banyak membantu dalam pelaksanaan dan penyelesaian Tesis ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna perbaikan dalam Tesis ini, sehingga Tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR ISI

<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	5
1.3.Tujuan Penelitian.....	5
1.4.Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Pembelajaran Kimia.....	7
2.2 PBL (Problem Based Learning).....	8
2.3 Peran Laboratorium dalam Pembelajaran.....	9
2.4 Pembelajaran STEM.....	10
2.4.1 Visualisasi Konsep STEM.....	13
2.4.2 Penelitian Pembelajaran STEM.....	14
2.5 Rangkaian Sensor Gas.....	14
2.5.1 Sensor Gas.....	15
2.5.2 Prinsip Kerja Sensor Gas.....	16
2.5.3 Karakteristik Sensor.....	17
2.5.3.1 Sensitivitas Sensor.....	17
2.5.3.2 Respon Sensor.....	18
2.5.3.3 Keadaan Awal Sensor.....	19
2.5.3.4 Stabilitas Sensor.....	19
2.5.4 Modul Sensor Gas Karbon Monoksida (MQ-7).....	20
2.5.5 Mikrokontroler.....	21
2.5.6 Visual Basic.....	22
2.6 Penelitian tentang Sensor Gas Karbon Monoksida.....	22
2.7 Gas Karbon Monoksida.....	23
2.7.1.Karakteristik Karbon Monoksida.....	24
2.7.2.Cara menghasilkan gas Karbon Monoksida.....	24
2.7.3.Toksisitas Gas karbon Monoksida.....	26
2.8 Konsep Terintegrasi pada Sensor Gas Karbon Monoksida.....	26
2.9 Model Pengembangan ADDIE.....	30

BAB 3 METODA PENELITIAN	33
3.1 Jenis Penelitian.....	33
3.2 Alat dan Bahan.....	33
3.2.1. Alat.....	33
3.2.2. Bahan.....	33
3.3 Rancangan Penelitian.....	34
3.4 Prosedur Penelitian.....	34
3.4.1. Tahap Analisis.....	34
3.4.2. Tahap Perancangan.....	34
3.4.3. Tahap Pengembangan.....	38
3.4.4. Tahap Implementasi.....	39
3.4.5 Tahap Evaluasi.....	40
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	40
3.6 Teknik Analisis Data.....	41
BAB 4 HASIL dan PEMBAHASAN	49
4.1 Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida.....	49
4.1.1 Kalibrasi Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida.....	50
4.1.1.1 Pembuatan Gas Krbon Monoksida.....	50
4.1.1.2 Kalibrasi Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida .....	53
4.1.3 Analisis Hasil Validasi Alat Pendeteksi Gas CO.....	54
4.1.3.1 Hasil Validasi Alat Pendeteksi Gas CO .....	54
4.2. Modul Pembelajaran STEM.....	57
4.2.1 Hasil Validasi Modul Pembelajaran STEM.....	57
4.2.2 Analisis Hasil Validasi Modul.....	58
4.3 Data Validasi Soal Uji Kompetensi.....	61
4.3.1 Validitas.....	61
4.3.2 Reliabilitas.....	61
4.3.3 Tingkat Kesukaran Soal.....	62
4.3.4 Daya Beda Soal.....	62
4.4 Hasil Prestasi Belajar.....	63
4.4.1 Analisis Data Hasil Prestasi Belajar SIswa.....	66
4.4.4.1 Pre Test.....	66
4.4.4.1.1 Uji Normalitas.....	66
4.4.4.1.2 Uji Homogenitas.....	67
4.4.4.1.3 Uji Kesetimbangan.....	67
4.4.4. 2 Hasil Post Test.....	69
4.4.4.2.1 Prestasi Belajar Kognitif.....	69
4.4.4.2.1 1 Deskripsi Data Hasil Post Test.....	69
4.4.4.2.1 2 Uji Normalitas.....	71
4.4.4.2.1 3 Uji Homogenitas.....	71
4.4.4.2.1.4 Uji T.....	72
4.4.4.3 Uji Statistik Nilai Pre Test dan Post Test Kelas Kontrol.....	74
4.4.4.3.1 Uji Normalitas.....	74
4.4.4.3.2 Uji Homogenitas.....	75
4.4.4.3.3 Uji T.....	76

4.4.4.4 Uji Statistik Nilai Pre Test dan Post Test Kelas Eksperimen.....	77
4.4.4.4.1 Uji Normalitas.....	77
4.4.4.4.2 Uji Homogenitas.....	78
4.4.4.4.3 Uji T.....	78
4.4.4.5. Uji T Afektif.....	80
4.4.4.5.1 Uji Normalitas.....	80
4.4.4.5.2 Uji Homogenitas.....	80
4.4.4.5.3 Uji T.....	81
4.4.4.6. Hasil Data Penilaian Diri.....	82
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>89</b>
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>95</b>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1. KI dan KD Materi Stoikiometri pada Materi Kimia berdasarkan Kurikulum 2013.....	35
Tabel 3.2. Rancangan Tahap Implementasi.....	39
Tabel 4.1. Data Kalibrasi Alat Pendeteksi gas Karbon Monoksida.....	52
Tabel 4.2. Hasil Penilaian Sistem Pendeteksi Gas Karbon Monoksida...	53
Tabel 4.3. Hasil Penilaian Modul Pembelajaran.....	58
Tabel 4.4. Hasil Penilaian Modul Pembelajaran Berdasarkan STEM.....	58
Tabel 4.5. Saran dan Komentar Validator.....	60
Tabel 4.6. Hasil Analisis Validitas Uji Coba Butir Soal Uji Kompetensi Siswa Materi Reaksi Redoks di Kelas MIA 6 SMA N 16 Surabaya.....	61
Tabel 4.7. Hasil Analisis Tingkat Kesukaran Soal Uji Kompetensi Siswa Materi Reaksi Redoks di Kelas MIA 6 SMA N 16 Surabaya.....	62
Tabel 4.8. Hasil Daya Beda Soal Uji Kompetensi Siswa Materi Reaksi Redoks di Kelas MIA 6 SMA N 16 Surabaya.....	62
Tabel 4.9. Hasil Prestasi Belajar Kognitif Kelas X KI 2 (Kelas Kontrol).....	64
Tabel 4.10. Hasil Prestasi Belajar Kognitif Kelas X KI 1 (Kelas Eksperimen).....	65
Tabel 4.11. Hasil Uji Normalitas Hasil Pre Test.....	66
Tabel 4.12. Hasil Uji Homogenitas Hasil Pre Test.....	67
Tabel 4.13. Hasil Uji Perbedaan Hasil Belajar Pada Kelompok Eksperimen dan Kontrol.....	68
Tabel 4.14. Deskripsi Data Hasil Post-Test Kelompok Kontrol dan Eksperimen.....	68
Tabel 4.15. Hasil Uji Normalitas Hasil Penilaian Post Test.....	71
Tabel 4.16. Hasil Uji Homogenitas Hasil Post Test.....	72
Tabel 4.17. Hasil Uji Perbedaan Hasil Belajar Pada Kelompok Eksperimen dan Kontrol.....	72
Tabel 4.18. Hasil Uji Normalitas Hasil Pre Test dan Post Test Kelompok Kontrol.....	75
Tabel 4.19. Hasil Uji Homogenitas Hasil Pre Test dan Post Test Kelompok Kontrol.....	75
Tabel 4.20. Hasil Uji Perbedaan Hasil Pre Test dan Post Test Kelompok Kontrol.....	76

Tabel 4.21. Hasil Uji Normalitas Hasil Pre Test dan Post Test Kelompok Eksperimen.....	77
Tabel 4.22. Hasil Uji Homogenitas Hasil Pre Test dan Post Test Kelompok Eksperimen .....	78
Tabel 4.23. Hasil Uji Perbedaan Hasil Pre Test dan Post Test Kelompok Eksperimen.....	79
Tabel 4.24. Hasil Uji Normalitas Hasil Belajar Afektif.....	80
Tabel 4.25. Hasil Uji Homogenitas Hasil Belajar Afektif.....	81
Tabel 4.26. Hasil Uji Perbedaan Hasil Belajar Afektif.....	81

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1 Skema Kerja.....	97
Lampiran 2 Rencana dan Jadwal Krgiatan Penelitian.....	100
Lampiran 3 Perhitungan Komposisi Gas CO dan N <sub>2</sub> .....	101
Lampiran 4 Perhitungan Data Kalibrasi.....	102
Lampiran 5 Instrumen Validasi Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida.....	103
Lampiran 6 Hasil Validasi Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida	111
Lampiran 7 SK dan KD Kimia Materi Redoks.....	114
Lampiran 8 Kisi-Kisi Soal Materi Reaksi Reduksi dan Oksidasi.....	117
Lampiran 9 A Rubrik Penilaian Afektif.....	119
Lampiran 9 B Rubrik Penilaian Afektif (Self Assessment).....	132
Lampiran 10 Instrumen Penilaian Aspek Psikomotor.....	135
Lampiran 11 Hasil Validasi Instrumen Kognitif.....	137
Lampiran 12 AHasil Prestasi Belajar Siswa (Kelas Kontrol).....	144
Lampiran 13 Uji Normalitas Kemampuan Awal.....	145
Lampiran 14 Uji Homogenitas Kemampuan Awal.....	146
Lampiran 15 Uji T Kemampuan Awal.....	150
Lampiran 16 Uji Normalitas Hasil Prestasi Belajar Kognitif.....	151
Lampiran 17 Uji T Prestasi Belajar Kognitif.....	154
Lampiran 18 Uji T Hasil Pre Test dan Post Test kelas Kontrol.....	155
Lampiran 19 Uji Homogenitas dan Uji T Hasil Pre Test danPost Test kelas Eksperimen.....	156
Lampiran 20 Program Perintah Software Arduino.....	157
Lampiran 21 Data Standar Deviasi Angket Penilaian Diri.....	158
Lampiran 22 Surat Telah Melakukan Penelitian.....	159
Lampiran 23 Modul Pembelajaran Kimia Berbasis STEM.....	161

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Salah satu tantangan eksternal pendidikan Indonesia yaitu pengaruh dan imbas tekno-sains dan transformasi bidang pendidikan. Berdasarkan data PISA (*Program for International Student Assessment*) pada tahun 2012, menunjukkan bahwa Indonesia berada pada urutan ke 64 dari studi yang diadakan oleh OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) (OECD, 2013). Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas pendidikan di Indonesia masih tergolong rendah, khususnya pada bidang sains. Hal ini disebabkan antara lain banyaknya materi uji yang ditanyakan di TIMSS dan PISA tidak terdapat dalam kurikulum Indonesia. Selain itu, yang menjadi tantangan internal adalah bagaimana mengupayakan lulusan menjadi sumberdaya manusia yang memiliki kompetensi dan keterampilan melalui pendidikan (Depdikbud, 2013). Sehingga, untuk memenuhi tantangan eksternal maupun internal tersebut, diperlukan upaya untuk memperbaiki mutu pendidikan melalui proses pembelajaran.

Pembelajaran sains terdiri dari beberapa bidang ilmu yaitu fisika, kimia dan biologi. Pembelajaran tersebut tidak ditujukan untuk menghadapi dunia yang statis dan tetap, tetapi digunakan untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi perkembangan yang terkait dengan ilmu pengetahuan (Shamsudin, 2013). Proses pembelajaran sains saat ini, khususnya kimia, masih banyak pendidik yang menerapkan pendekatan pembelajaran dengan metode konvensional. Metode konvensional hanya menekankan pada seberapa besar materi dapat dipahami oleh siswa, tanpa memperhatikan tahapan proses pembelajaran. Selain itu, metode konvensional tidak mendorong siswa untuk berperan aktif dalam pembelajaran (Shamsudin, 2013). Pemerintah melalui Permendikbud menginstruksikan bahwa proses pembelajaran diubah menjadi proses pembelajaran yang berpusat pada siswa, interaktif, pembelajaran jejaring, berbasis tim, berbasis alat atau multimedia, multidisiplin, dan pembelajaran kritis (Depdikbud, 2013). Hal ini merupakan upaya untuk memperbaiki mutu pendidikan Indonesia. Untuk

menjembatani proses transfer pengetahuan, maka diperlukan suatu pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan upaya pemerintah tersebut.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat diterapkan adalah *science, technology, engineering and mathematics* (STEM). STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang terintegrasi dengan berbagai disiplin ilmu. STEM memungkinkan siswa untuk mempelajari konsep dengan menerapkan 4 disiplin ilmu (sains, teknologi, keahlian teknik dan matematika) secara terintegrasi. STEM menghilangkan batasan antara 4 disiplin ilmu dengan mengintegrasikan ilmu-ilmu tersebut dalam satu kesatuan pembelajaran yang menyeluruh. Oleh karena itu, STEM seringkali disebut sebagai pendekatan meta-disiplin (Lantz, 2009).

STEM memiliki beberapa karakteristik berkaitan dengan penerapannya dalam pembelajaran. Pembelajaran dalam STEM terintegrasi dengan teknologi. Dalam pembelajaran digunakan alat-alat digital utamanya komputer (Chi dan Jain, 2011). Pendekatan STEM diterapkan dalam pembelajaran kimia pada pendidikan formal. Hinze (2013) meneliti penerapan pendekatan STEM untuk pembelajaran pada mata kuliah Kimia Organik di Universitas Texas. Pembelajaran STEM dilakukan dengan memvisualisasikan bentuk molekul menggunakan *ball-and-stick models* dan program *electrostatic potensial maps* (EPMs). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, baik mahasiswa dengan pengetahuan awal rendah maupun tinggi mengalami peningkatan hasil pembelajaran berdasarkan hasil tes tulis berupa tes berpikir logis, yang disebut *test of logical thinking* (TOLT) (Hinze dkk, 2013).

Pendekatan STEM berbasis inkuiri dan berbasis pada masalah atau *problem-based learning* (PBL). Dalam pembelajaran berbasis inkuiri, siswa dituntut memahami materi melalui perolehan konsep, bukan dengan pembelajaran ekspositori. Sedangkan PBL merupakan model pembelajaran dimana siswa menjadi pusat pembelajaran dan memecahkan permasalahan secara bersama-sama, sehingga guru bertindak sebagai fasilitator dalam pembelajaran. Pendekatan STEM menuntut siswa untuk menjadi inovator (pembaharu), pemecah masalah, dan penemu yang percaya diri, sadar teknologi, serta mampu berpikir logis.

PBL merupakan suatu metode pembelajaran yang dapat membawa konsep kimia ke dalam permasalahan kontekstual yang terjadi di dalam kehidupan nyata.

PBL menuntut peserta didik untuk berpikir kritis dan dapat memecahkan permasalahan (Draghicescu, 2014). Sebagai tambahan, Menurut Mathers (2012), PBL akan membawa siswa ke dalam situasi yang tepat untuk mendapatkan konsep, keahlian, dan menerapkannya pada situasi yang lebih nyata. Untuk menunjang proses pembelajaran PBL bagi peserta didik dalam memahami permasalahan kontekstual, diperlukanlah fasilitas berupa laboratorium agar pembelajaran lebih nyata.

Menurut Omosewo (2006), pemahaman lebih mendalam dapat dicapai melalui eksperimen di laboratorium, yang mendorong keaktifan peserta didik dan berpikir kritis. Aktivitas laboratorium juga menyebabkan siswa memahami konsep, dan dalam waktu yang sama, dapat mengaitkannya dalam suatu proses membangun pengetahuan (Hofstein dan Lunetta, 2003). Oleh karena itu, untuk mendukung pembelajaran kimia, peserta didik tidak hanya memerlukan teori, tetapi juga aktivitas nyata berupa eksperimen di laboratorium.

Laboratorium merupakan tempat dimana seseorang melakukan berbagai macam percobaan pada berbagai lingkungan pembelajaran yang dapat mengembangkan pemahaman konsep sains dan keahlian inkuiri sains (Hofstein, 2003). Laboratorium menyediakan sarana untuk mendukung penemuan ilmiah, tempat dimana ide-ide penelitian diuji kebenarannya, sehingga dapat ditarik sebuah kesimpulan. Namun, kebanyakan penelitian selama ini hanya fokus terhadap pemanfaatan sarana laboratorium untuk riset ilmiah, tanpa menekankan pada optimalisasi sarana dan prasarana laboratorium itu sendiri untuk pembelajaran (Anderson, 2013).

Kebutuhan akan sarana laboratorium dari berbagai bidang disiplin ilmu, khususnya sains, akan menjadi lebih efektif apabila dilakukan penerapan sarana laboratorium untuk mendukung pembelajaran secara terintegrasi. Penerapan sarana laboratorium yang terintegrasi akan lebih memaksimalkan fungsi dari laboratorium itu sendiri. Dengan adanya pengintegrasian, maka peserta didik juga akan dapat memahami konsep dan dapat mengaitkan konsep antara bidang ilmu dalam sains itu sendiri secara nyata tanpa terpisah-pisah.

Konsep pembelajaran yang terintegrasi ini sejalan dengan kurikulum yang saat ini tengah diterapkan oleh pemerintah, yaitu pembelajaran berbasis kurikulum

2013. Kurikulum 2013 merupakan kurikulum yang ditekankan pada output dari proses pendidikan berupa insan Indonesia yang produktif, kreatif, inovatif, afektif melalui penguatan sikap, keterampilan, dan pengetahuan yang tematik integratif. Pembelajaran tematik integratif sangat menguntungkan, karena siswa lebih dituntut untuk berpikir secara mendalam dan kreatif karena terkait langsung dengan satu bidang ilmu dan bidang ilmu yang lain (Depdikbud, 2013).

Berdasarkan keterangan di atas, untuk mendukung pembelajaran berbasis pendekatan STEM, maka diperlukan adanya media pembelajaran yang dapat memasukkan konsep sains, teknologi, keahlian dan matematika ke dalam proses pembelajaran. Media pembelajaran yang dapat dikembangkan adalah alat pendeteksi berupa sensor dan modul interaktif. Prinsip kerja sensor mengintegrasikan beberapa bidang ilmu, yaitu bidang kimia, fisika, matematika dan teknologi. Cara kerja sensor dibagi menjadi tiga bagian, yaitu masukan, pemrosesan dan keluaran (Fraden, 2003). Piranti masukan dikerjakan oleh sensor itu sendiri, dalam sensor tersebut terjadi proses absorpsi, berupa reaksi reduksi dan oksidasi melalui adsorpsi oksigen (Wang, 2000). Proses kimia yang berlangsung di dalam sensor tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan tegangan listrik karena terjadi aliran elektron, yang mana fenomena ini dapat dijelaskan oleh konsep fisika. Sedangkan pemrosesan dilakukan oleh mikrokontroler yang mengubah data analog keluaran dari sensor menjadi data digital, sehingga akan didapatkan keluaran yang dapat divisualisasi dengan menggunakan *software* tertentu, yang dapat dijelaskan dengan menggunakan konsep di bidang ilmu komputer atau teknologi dan matematika. Salah satu alat pendeteksi yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran adalah sensor gas karbon monoksida.

Alat pendeteksi gas karbon monoksida memiliki prinsip kerja yang serupa dengan sensor lain. Pada proses kerjanya dalam mendeteksi gas karbon monoksida, di dalamnya terjadi proses reaksi redoks. Pada saat sensor terpapar udara bebas, oksigen terabsorb pada partikel Timah(IV) Oksida sebagai ion O<sup>-</sup>. Saat sensor dipaparkan gas CO yang merupakan gas pereduksi, gas CO bereaksi dengan ion O<sup>-</sup> pada permukaan partikel menyebabkan terjadinya perbedaan konduktivitas pada sensor (Wetchakun, 2011). Dengan menggunakan prinsip

kerja alat tersebut dan reaksi-reaksi yang terlibat dalam proses pendeteksian, sehingga dapat digunakan untuk membantu siswa dalam membangun konsep pada materi reaksi reduksi dan oksidasi.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti akan mengembangkan media pembelajaran berupa sensor kimia untuk mendeteksi gas karbon monoksida, beserta modul penunjang yang dapat diterapkan dalam pembelajaran kimia berbasis STEM.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Penggunaan metode pembelajaran yang masih konvensional, pengadaan dan pengelolaan laboratorium pada pendidikan formal serta konsep-konsep dalam berbagai bidang ilmu belum diintegrasikan secara optimal. Oleh sebab itu, timbul perumusan masalah mengenai bagaimana mengemas detektor gas karbon monoksida berbasis STEM sehingga dapat memudahkan siswa untuk mengintegrasikan berbagai bidang ilmu, khususnya sains, teknologi, keahlian teknik dan matematika sesuai pembelajaran STEM.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan perangkat pembelajaran berbasis STEM pada topik redoks berupa alat pendeteksi gas karbon monoksida, serta modul detektor gas karbon monoksida.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah sebagai sarana penyedia media pembelajaran berupa detektor gas karbon monoksida, skenario pembelajaran dan modul yang berbasis pendekatan STEM. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pengajaran kimia, karena membantu mengintegrasikan ilmu kimia ke dalam cabang ilmu lain.

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pembelajaran Kimia**

Pembelajaran kimia merupakan proses interaksi antara siswa, lingkungan dan guru dalam rangka mencapai tujuan pembelajaran kimia. Ketercapaian tujuan pembelajaran sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya metode pembelajaran, pendekatan pembelajaran, sumber belajar dan media pembelajaran. Berbagai penelitian tentang strategi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran telah banyak dilakukan. Salah satu penelitian yang telah dilakukan adalah penelitian tentang penerapan PBL Laboratorium oleh Baharom (2011). Menurut Baharom (2011) dan Shamsudin (2013), beberapa kelemahan metode pembelajaran konvensional yaitu:

- a. Siswa tidak dapat memahami keterkaitan antara konsep dengan praktek/kontekstual (Baharom et. al, 2011).
- b. Kemampuan siswa untuk memecahkan permasalahan tentang eksperimen terbatas dan siswa hanya bergantung pada instruksi yang diberikan oleh guru tanpa berusaha mencari referensi untuk memperoleh informasi lain (Baharom et. al, 2011).
- c. Kemampuan berpikir siswa dibatasi dan mereka tidak diberi kesempatan untuk menunjukkan ide baru mereka (Baharom et. al, 2011).
- d. Pembelajaran konvensional tidak menekankan pada proses pembelajaran, hanya menekankan pada hasil pembelajaran (Shamsudin, 2013).
- e. Guru bertindak sebagai penyalur materi, bukan sebagai fasilitator (Shamsudin, 2013).

Berdasarkan beberapa kelemahan di atas, maka diperlukanlah suatu strategi belajar mengajar yang tepat dalam menyampaikan konsep pembelajaran kimia di kelas. Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan adalah *Problem Based Learning* (PBL)

## 2.2 PBL (Problem Based Learning)

PBL merupakan suatu metode instruksional pembelajaran yang berpusat pada siswa, melalui pembelajaran yang bersifat pemecahan masalah (Baharom, et. al, 2011). PBL merupakan suatu metode pembelajaran yang dapat membawa konsep kimia ke dalam permasalahan kontekstual yang terjadi di dalam kehidupan nyata. PBL menuntut peserta didik untuk berpikir kritis dan dapat memecahkan permasalahan (Draghicescu, 2014). Menurut Lantz (2009), PBL merupakan strategi pembelajaran instruksional yang menekankan pada proses bertanya dan menjawab siswa, memecahkan permasalahan dan merefleksikan dengan pengalaman mereka (*inquiry*). Karakteristik dari PBL menurut Lantz (2009) yaitu:

- a. Pembelajaran diisi dengan tantangan dan permasalahan yang menuntut siswa berpikir
- b. Siswa bekerja pada kelompok kecil yang kolaboratif
- c. Guru berperan sebagai fasilitator

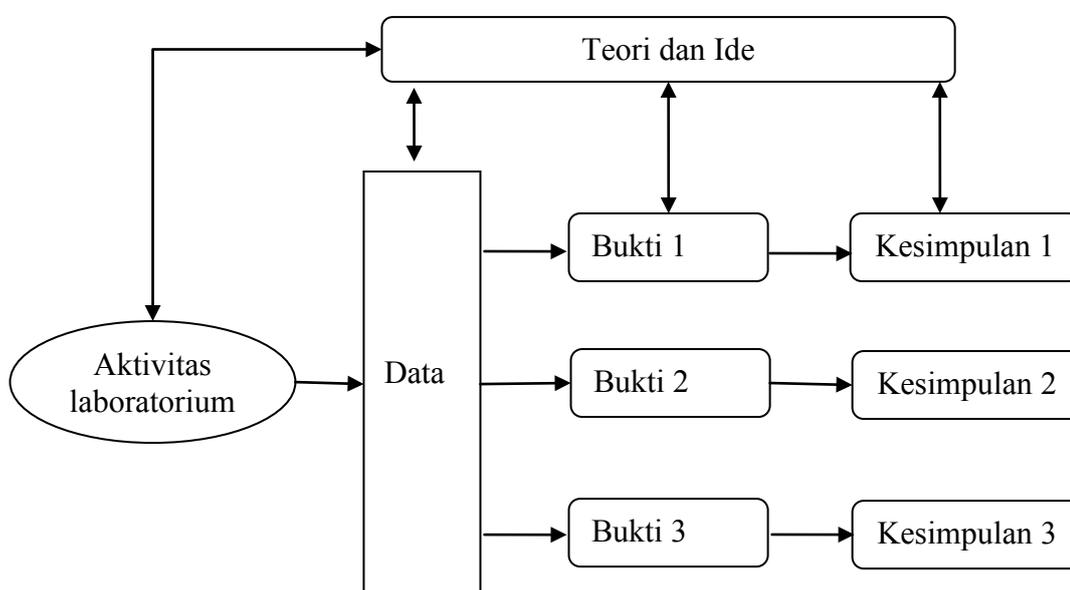
Metode pembelajaran PBL tidak lepas dari pembelajaran eksperimen. Eksperimen memiliki peran penting dalam membawa siswa ke dalam permasalahan yang lebih nyata untuk memecahkan permasalahan yang diberikan oleh pengajar. Dalam metode pembelajaran PBL, siswa diberi rangsangan berupa pertanyaan-pertanyaan agar siswa menjadi lebih tertarik. Sebelum terjun ke eksperimen, siswa juga diberi pengarahan pre-lab untuk meningkatkan kesiapan siswa (Baharom, 2012). Langkah-langkah pre-lab yaitu:

- a. Penjelasan tentang PBL
- b. Siswa merancang pekerjaan mereka dan diskusi dengan guru
- c. Siswa mengunjungi lab untuk mengidentifikasi alat
- d. Siswa membutuhkan pemilihan prosedur yang sesuai dan mendiskusikannya dengan fasilitator
- e. Revisi teori

PBL merupakan metode pembelajaran yang dapat meningkatkan keahlian berpikir kritis. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Martin, bahwa penggunaan metode pembelajaran PBL dapat meningkatkan keahlian berpikir kritis bagi siswa program keperawatan. Selain itu, PBL juga dapat meningkatkan prestasi siswa dan membentuk pemahaman konsep yang permanen pada siswa (Benli, 2012).

### 2.3 Peran Laboratorium Bagi Pembelajaran

Praktikum kimia merupakan kegiatan pembelajaran yang penting karena kimia merupakan pembelajaran eksperimen. Laboratorium memberi kesempatan kepada peserta didik untuk melakukan investigasi dan penemuan (Hofstein dan Lunetta, 2003). Pembelajaran eksperimen membutuhkan sarana laboratorium untuk menunjang kegiatan tersebut. Laboratorium juga menyediakan sarana untuk mendukung penemuan ilmiah, tempat dimana ide-ide penelitian diuji kebenarannya, sehingga dapat ditarik sebuah kesimpulan, seperti terdapat pada gambar di bawah.



Gambar 2.1. Interaksi antara Bukti dengan Teori pada Pembelajaran Sains Berbasis Laboratorium (Leite dan Duorado, 2013)

Aktivitas laboratorium mengarahkan siswa pada pembelajaran terintegrasi antara ilmu pengetahuan dan teknologi. Aktivitas laboratorium memiliki beberapa tujuan (Leite dan Durado, 2013), yaitu:

- Untuk mengembangkan motivasi siswa dalam mempelajari sains
- Untuk mengembangkan sikap ilmiah (berpikir kritis, ketekunan, obyektif, berpikir probabilistik)
- Untuk mengembangkan konsep ilmu pengetahuan
- Untuk mengembangkan skill laboratorium
- Agar menjadi familiar terhadap metode ilmiah

Pada proses pembelajaran *inquiry* (penemuan), pemahaman siswa dapat diukur dengan menggunakan fenomena alam atau teori sains itu sendiri (Jeenthong, 2014).

## **2.4 Pembelajaran STEM**

STEM merupakan suatu pembelajaran yang sering disebut sebagai meta-disiplin, sebagai hasil dari integrasi beberapa disiplin ilmu ke dalam suatu hal yang baru secara holistik. Konsep masing-masing bidang yang seakan terpisah, dijumpai dengan STEM (Morrison, 2006). Pembelajaran STEM mengarahkan peserta didik untuk berpikir secara holistik atau menyeluruh. Dalam pendidikan STEM, konsep akademik yang kaku dalam setiap bidang mata pelajaran dikaitkan dengan kenyataan yang mengaplikasikan ilmu pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika dalam konteks yang menghubungkan antara sekolah, komunitas pekerjaan dan perusahaan global agar menghasilkan peserta didik yang dapat berkompetisi di bidang ekonomi (Tsupros, 2009).

Bidang perekonomian dewasa ini sangat didukung oleh perkembangan teknologi yang semakin maju. Hal ini menuntut sekolah untuk menciptakan peserta didik yang kreatif, inovatif serta dapat mengikuti perkembangan teknologi. Sehingga, penggunaan pembelajaran berbasis STEM memiliki peran dalam mengarahkan seseorang untuk dapat bersaing dalam dunia ekonomi melalui teknologi (Banning & Folkestad, 2012). Pada pembelajaran berbasis STEM, siswa diperkenalkan dengan manfaat terkini dari STEM yang dipelajari, lalu diberikan permasalahan sederhana yang mewakili masalah yang dialami juga oleh saintis dan insinyur profesional (Putra, 2014).

Menurut Lantz (2009), pada pembelajaran STEM peserta didik dituntut sebagai:

- a. Pemecah permasalahan, yaitu mampu untuk merumuskan pertanyaan dan masalah, investigasi data, mengumpulkan dan mengorganisasikan data, menarik kesimpulan, dan kemudian dapat mengaplikasikan pada pemahaman yang baru dan penemuan baru.
- b. Inovator, menggunakan konsep ilmu pengetahuan, matematika, dan teknologi secara kreatif dan dapat menerapkannya pada proses teknik.

- c. Penemu, merancang kebutuhan dunia secara kreatif, menguji, merancang kembali dan menerapkan solusi pada proses teknik.
- d. Percaya diri, mampu menggunakan inisiatif dan motivasi diri untuk mengatur agenda, mengembangkan dan mencapai kepercayaan diri, serta bekerja dalam waktu yang spesifik.
- e. Pemikir logis, mampu menerapkan rasionalitas dan proses berpikir logis ilmu pengetahuan, matematika, dan teknik untuk berinovasi dan melakukan penemuan.
- f. Melek teknologi, mengerti dan mampu menjelaskan sifat dasar teknologi, mengembangkan skill yang dibutuhkan dan menerapkan teknologi yang sesuai.

Hal-hal yang menjadi penunjang pendidikan STEM adalah:

- a. Pembelajaran berbasis inkuiri

Pembelajaran inkuiri artinya proses untuk memperoleh informasi dengan investigasi permasalahan, mempelajari teori yang sesuai, bertanya, melakukan eksperimen, menarik kesimpulan dan menggunakan intuisi. Sedangkan pembelajaran sains berbasis inkuiri memiliki tiga karakteristik, yaitu *inquiry*, *discovery* dan pengalaman. *Inquiry* mengarahkan pada pemahaman sains melalui eksperimen. *Discovery* bertujuan untuk mendapatkan konsep. Sedangkan pengalaman mengarahkan peserta didik untuk menuju *inquiry* dan *discovery* (Shamsudin, 2013). Sedangkan menurut Hofstein (2003) inkuiri merupakan aktifitas yang melibatkan pengamatan, menyusun pertanyaan, mengkaji literature, merencanakan investigasi, mengamati bukti eksperimental, menganalisa data, menginterpretasi data, mengajukan jawaban, menjelaskan, memprediksi dan mengkomunikasikan hasil.

- b. *Problem Based Learning* (PBL)

- c. Pembelajaran berbasis *performance* (pelaksanaan/praktek)

Pembelajaran STEM berbasis inkuiri tidak dapat lepas dari pembelajaran praktek atau eksperimen di laboratorium. Pembelajaran eksperimen di laboratorium mengarahkan peserta didik untuk memahami sains yang mendorong mereka aktif dan melakukan proses berpikir kritis (Omosewo, 2006).

d. Teknologi pembelajaran digital

Pembelajaran STEM bertujuan untuk mendorong peserta didik agar melek teknologi. Dengan melek teknologi, seseorang menjadi siap untuk menghadapi dunia perekonomian yang semakin mengedepankan teknologi. Sehingga, STEM diharapkan dapat menjadi jembatan setiap orang untuk melek teknologi. Peserta didik diharapkan dapat menggunakan, mengatur, mengerti dan mengevaluasi teknologi.

e. Penilaian formatif dan summatif

Penilaian merupakan proses pengumpulan dan pengolahan informasi untuk mengukur pencapaian hasil belajar peserta didik. Penilaian hasil belajar peserta didik mencakup kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang dilakukan secara berimbang sehingga dapat digunakan untuk menentukan posisi relatif setiap peserta didik terhadap standar yang telah ditetapkan. Cakupan penilaian merujuk pada ruang lingkup materi, kompetensi mata pelajaran/kompetensi muatan/kompetensi program, dan proses (Depdikbud, 2013).

Penilaian formatif dan sumatif harus mengukur peningkatan kemampuan merencanakan proyek dan kemampuan berpikir mendalam (Tal, 2000). Penilaian formatif merupakan penilaian proses instruksional saat pembelajaran berlangsung. Penilaian formatif dapat juga digunakan untuk mengetahui seberapa besar kemajuan dari guru itu sendiri. Jenis-jenis penilaian formatif yaitu: pengamatan saat aktivitas kelas, sesi tanya jawab secara spontan atau tes tulis, presentasi siswa, dan penilaian peserta didik terhadap diri mereka. Sementara penilaian summative merupakan penilaian yang dilakukan setelah pembelajaran berakhir. Jenis-jenis penilaian summatif yaitu: ujian akhir, portofolio, dan proyek.

Pembelajaran STEM merupakan pembelajaran interdisiplin yang mengarahkan pada *project based learning*. Proyek dalam pembelajaran merupakan alat untuk penilaian summative (Valeriu, 2012). Namun, terdapat perbedaan perangkat penilaian STEM dengan perangkat penilaian kurikulum tradisional. Perbedaan tersebut terletak pada desain pertanyaan yang dibuat sesuai dengan aplikasi atau penerapan konsep di dalam kehidupan, tidak

hanya pertanyaan berdasarkan konsep seperti pada perangkat penilaian kurikulum tradisional. Sehingga, memungkinkan siswa untuk memiliki kemampuan berpikir lebih tinggi untuk menjawab pertanyaan. Sebagai contoh perangkat penilaian berdasarkan STEM yaitu perangkat penilaian yang dibuat dalam penelitian yang dilakukan oleh Avargil (2013) untuk materi kimia organik yang langsung mendesain pertanyaan dengan menerapkan pada kimia pangan.

#### **2.4.1 Visualisasi Konsep STEM**

Konsep STEM merupakan konsep yang mengintegrasikan antara konsep yang satu dengan konsep pada mata pelajaran lain, yaitu di bidang sains, matematika, teknologi dan teknik. Untuk membuat konsep STEM lebih jelas, maka diperlukan visualisasi dari STEM tersebut. Visualisasi dari konsep STEM khususnya untuk konsep kimia, telah dilakukan oleh Hinze, et al (2013) yaitu dengan menggunakan EPMs (*Electrostatic Potential Maps*) yaitu suatu model yang memanfaatkan teknologi untuk menggambarkan bentuk molekul yang menunjukkan persebaran elektron yang dapat digunakan untuk memahami konsep kimia. EPMs merupakan pengembangan media yang menyempurnakan ball-stick dalam memvisualisasi bentuk molekul. Hasilnya adalah baik mahasiswa dengan pengetahuan awal rendah maupun tinggi mengalami peningkatan hasil pembelajaran berdasarkan hasil tes secara keseluruhan

STEM membawa peserta didik untuk belajar dengan berbasis pada masalah, masalah dalam lingkungan ataupun masalah dalam dunia kerja yang saat ini telah banyak menerapkan teknologi. Pembelajaran berbasis masalah (PBL) merupakan metode efektif utk mengembangkan keahlian analitik dan berpikir kritis. Pembuatan skenario pembelajaran dengan berbasis masalah yang menggunakan prinsip pembelajaran STEM telah dilakukan oleh Naomi (2013) dengan membuat skenario misi pengembaraan ke Mars melalui web yang didesain berbasis permainan yang ditujukan untuk siswa sekolah menengah. Siswa berperan sebagai scientist dan ahli teknik dalam kontrol misi untuk menyelesaikan misi dan mengumpulkan data untuk analisis lebih lanjut. Masing-masing siswa memiliki peran sebagai ahli geologi, kimia, meteorologi, dan astrobiologi.,

Hasilnya, siswa menjadi lebih tertarik untuk belajar dan mendapatkan peningkatan prestasi.

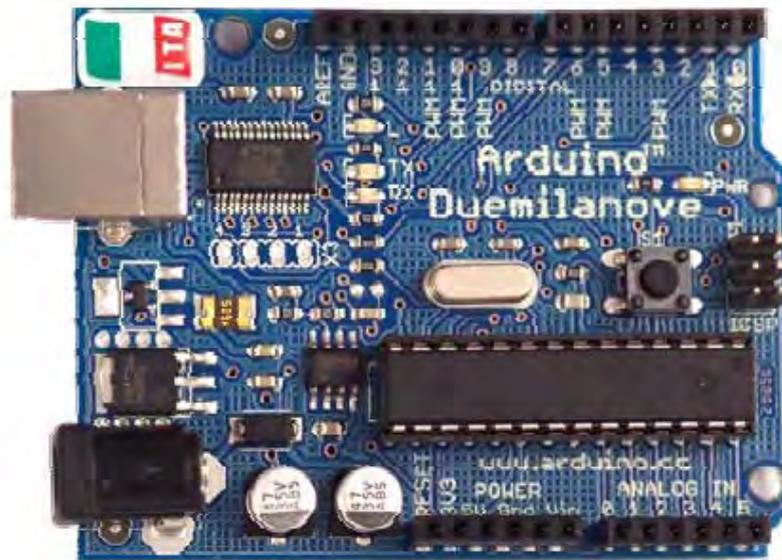
#### **2.4.2 Penelitian Pembelajaran STEM**

Penelitian yang merujuk pada keberhasilan penggunaan STEM yaitu dilakukan oleh Wiswall (2014) yang meneliti tentang perbandingan peningkatan prestasi siswa di sekolah yang menggunakan STEM dan sekolah yang tanpa menggunakan STEM (non STEM) di New York. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa prestasi siswa pada mata pelajaran matematika dan sains di sekolah yang menggunakan STEM lebih meningkat daripada sekolah non STEM.

Integrasi dalam STEM membimbing siswa untuk memiliki pemikiran kritis terhadap konsep mata pelajaran yang kontekstual. Dengan berpikir kritis, siswa dapat memahami apa yang disampaikan dengan lebih konkrit dan jelas. Hal ini terlihat pada penelitian yang dilakukan oleh Avargil (2013) bahwa penggunaan kurikulum baru yang mencoba mengintegrasikan materi kimia dengan kimia makanan dan kimia organik secara kontekstual. Hasilnya, dibandingkan dengan kurikulum tradisional, penerapan kurikulum baru menyebabkan presentase kegagalan mahasiswa menurun dan nilai meningkat.

#### **2.5.5 Mikrokontroler**

Arduino duemilanove merupakan mikrokontroler yang berbasis ATmega 328. Mikrokontroler tersebut memiliki 14 pin input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 M Hz *oscillator* kristal, koneksi USB, power jack, dan tombol reset. Mikrokontroler digunakan untuk mengubah data analog yang dikeluarkan oleh sensor menjadi data digital sehingga data dibaca oleh komputer/ laptop. Untuk menjalankan mikrokontroler ini, dibutuhkan instalasi software arduino. Kenampakan fisik mikrokontroler arduino duemilanove dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Mikrokontroler Arduino Duemilanove ATmega 328  
([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

### 2.5.6 Visual Basic

Visual Basic adalah salah satu bahasa pemrograman komputer. Bahasa pemrograman adalah perintah yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Visual Basic merupakan salah satu Development Tool yaitu alat bantu untuk membuat berbagai macam program komputer, khususnya yang menggunakan sistem operasi Windows (Basuki, 2006). Program aplikasi dapat berupa program database, program grafis dan lain sebagainya.

### 2.6 Penelitian Tentang Sensor Gas Karbon Monoksida

Penelitian tentang penggunaan sensor gas karbon monoksida sebelumnya telah banyak dilakukan. Salah satunya, penelitian yang dilakukan oleh Anggit (2010) yaitu tentang pembuatan detektor gas karbon monoksida pada kabin mobil. Pada penelitian ini digunakan sensor gas TGS 2242 berbasis mikrokontroler ATmega 8. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa telah berhasil dibuat purwarupa sistem pendeteksi gas karbon monoksida pada kabin mobil yang hasil deteksinya sesuai dengan alat yang telah terkalibrasi.

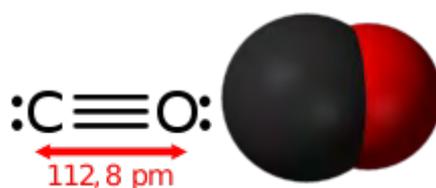
Penelitian lain tentang rancang bangun sistem pendeteksi gas karbon monoksida dilakukan oleh Kristiana (2011), yaitu membuat rancang bangun sistem pendeteksi gas karbon monoksida pada kendaraan bermotor. Penelitian

tersebut menggunakan sensor gas Figaro model TGS 2201 berbasis ATmega 16. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa telah berhasil dibuat rancang bangun sistem pendeteksi gas karbon monoksida pada motor dengan uji kalibrasi yang sesuai dengan alat pembanding.

Penelitian lain terkait dengan rancang bangun sistem pendeteksi gas sejenis adalah penelitian yang dilakukan oleh Victor, et. al (2013). Pada penelitian ini digunakan sensor gas TGS 2201 untuk mendeteksi gas hidrokarbon dan MG 811 untuk mendeteksi gas karbon monoksida pada kendaraan bermotor berbasis ATmega 8535. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa telah berhasil dibuat rancang bangun sistem pendeteksi gas karbon monoksida dan gas hidrokarbon pada kendaraan bermotor.

## 2.7 Gas Karbon Monoksida

Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tak berwarna, tak berbau, dan tak berasa. Gas tersebut terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen.



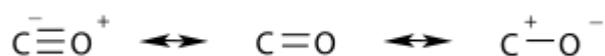
Gambar 2.10. Bentuk molekul karbon monoksida  
(Wikipedia.com)

Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran (Utami, 2011). Karbon monoksida mudah terbakar dan menghasilkan lidah api berwarna biru, menghasilkan karbon dioksida. Karbon monoksida memainkan peran yang penting dalam teknologi modern, yakni merupakan prekursor banyak senyawa karbon.

### 2.7.1 Karakteristik Karbon Monoksida

Karbon monoksida sedikit larut dalam air dan memiliki densitas yang lebih kecil daripada air. Molekul CO memiliki panjang ikat 0,1128 nm. Perbedaan muatan formal dan elektronegativitas saling meniadakan, sehingga terdapat momen dipol yang kecil dengan kutub negatif di atom karbon walaupun oksigen memiliki elektronegativitas yang lebih besar. Alasannya adalah orbital molekul yang terpenuhi paling tinggi memiliki energi yang lebih dekat dengan orbital p karbon, yang berarti bahwa terdapat rapatan elektron yang lebih besar dekat karbon. Selain itu, elektronegativitas karbon yang lebih rendah menghasilkan awan elektron yang lebih baur, sehingga menambah momen dipol. Ini juga merupakan alasan mengapa kebanyakan reaksi kimia yang melibatkan karbon monoksida terjadi pada atom karbon, dan bukannya pada atom oksigen.

Panjang ikatan molekul karbon monoksida sesuai dengan ikatan rangkap tiga parsialnya. Molekul ini memiliki momen dipol ikatan yang kecil dan dapat diwakili dengan tiga struktur resonansi:



Resonansi paling kiri adalah bentuk yang paling penting. Hal ini diilustrasikan dengan reaktivitas karbon monoksida yang bereaksi dengan karbokation.

### 2.7.2.Sumber-Sumber Gas Karbon Monoksida

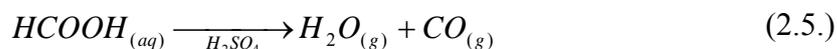
Gas karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar minyak bumi. Salah satunya adalah pembakaran bensin, di mana pada pembakaran yang terjadi di mesin motor, dapat menghasilkan pembakaran tidak sempurna dengan reaksi sebagai berikut.



Sumber lain yang dapat menyebabkan terjadinya gas CO adalah pembakaran tidak sempurna yang terjadi pada proses industri, pembakaran sampah, pembakaran hutan, kapal terbang, dan asap rokok juga menyebabkan emisi CO yang signifikan (WHO, 2000).

Beberapa metode yang telah dikembangkan untuk memproduksi gas karbon monoksida secara laboratorium yaitu:

- a. Gas karbon monoksida dapat dihasilkan dari dehidrasi asam format (Georgeman, 1978).



Gas produser dibentuk dari pembakaran karbon di oksigen pada temperatur tinggi ketika terdapat karbon yang berlebih. Dalam sebuah oven, udara dialirkan melalui kokas. CO<sub>2</sub> yang pertama kali dihasilkan akan mengalami kesetimbangan dengan karbon panas, dan menghasilkan CO. Reaksi O<sub>2</sub> dengan karbon membentuk CO disebut sebagai kesetimbangan Boudouard. Di atas 800 °C, CO adalah produk yang predominan



- b. Gas sintetik atau gas air diproduksi via reaksi endotermik uap air dan karbon



- c. CO merupakan hasil samping dari reduksi bijih logam oksida dengan karbon:



Proses reduksi dapat dipercepat dengan memanaskannya. Diagram Ellingham menunjukkan bahwa pembentukan CO lebih banyak terjadi daripada CO<sub>2</sub> pada temperatur tinggi.

- d. Produksi CO dalam skala laboratorium lainnya adalah dengan pemanasan campuran bubuk seng dan kalsium karbonat.



- e. Mereaksikan sukrosa dengan natrium hidroksida dalam sistem tertutup.

### 2.7.3 Toksisitas Gas Karbon Monoksida

Karbon monoksida merupakan gas yang sangat beracun, tidak berbau maupun berwarna. Gas tersebut merupakan penyebab utama keracunan yang paling umum terjadi di beberapa negara. Paparan dengan karbon monoksida dapat mengakibatkan keracunan sistem saraf pusat dan jantung. Gejala dari keracunan ringan meliputi sakit kepala dan mual-mual pada konsentrasi kurang dari 100 ppm. Konsentrasi serendah 667 ppm dapat menyebabkan 50% hemoglobin tubuh berubah menjadi karboksihemoglobin (HbCO). Karboksihemoglobin cukup stabil,

namun perubahan ini reversibel. Karboksihemoglobin tidak efektif dalam menghantarkan oksigen, sehingga beberapa bagian tubuh tidak mendapatkan oksigen yang cukup. Sebagai akibatnya, paparan pada tingkat ini dapat membahayakan jiwa.

## 2.8 Konsep STEM Terintegrasi pada Sensor Gas Karbon Monoksida

Sensor gas merupakan suatu alat yang dirancang dari bahan yang peka terhadap gas tertentu, pada umumnya menggunakan bahan logam semikonduktor oksida. Konsep-konsep ilmu yang terintegrasi pada sensor gas karbon monoksida dapat dijelaskan sebagai berikut:

Sensor gas karbon monoksida merupakan sensor yang terbuat dari logam semikonduktor  $\text{SnO}_2$ . Pada proses kerjanya dalam mendeteksi gas karbon monoksida, terjadi proses reaksi redoks. Reaksi tersebut terjadi antara gas target dan permukaan semi konduktor pada permukaan oksidanya. Pada konsep ini, terdapat konsep reaksi redoks yang merupakan konsep yang dibahas pada materi bidang ilmu kimia. Reaksi redoks terdiri dari reaksi reduksi dan oksidasi.

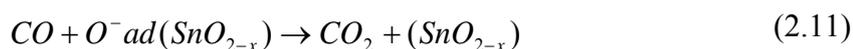
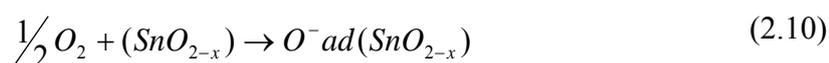
Definisi reaksi reduksi menurut Utami (2009), adalah:

1. Reaksi penerimaan (pengikatan) elektron,
2. Reaksi pelepasan oksigen dari suatu senyawa
3. Reaksi yang melibatkan penurunan bilangan oksidasi

Sedangkan definisi dari reaksi oksidasi adalah:

1. Reaksi pelepasan elektron,
2. Reaksi pengikatan oksigen dari suatu senyawa
3. Reaksi yang melibatkan naiknya bilangan oksidasi

Reaksi yang terjadi pada sensor gas adalah:



Berdasarkan reaksi di atas, terlihat bahwa oksigen mengalami reaksi reduksi pada reaksi pertama. Sedangkan pada reaksi kedua, atom C mengalami reaksi oksidasi. Melalui konsep tersebut, dapat dijadikan sebagai acuan dalam pembelajaran reaksi reduksi dan oksidasi pada mata pelajaran kimia kelas X sesuai dengan standar isi

yang tercantum pada kurikulum 2013. Standar isi yang mencakup materi reaksi reduksi dan oksidasi dapat dilihat pada Lampiran C.

Saat kristal oksida logam  $\text{SnO}_2$  dipanaskan pada suhu tinggi tertentu di udara, oksigen akan teradsorpsi pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Elektron-elektron donor pada permukaan kristal ditransfer ke oksigen teradsorpsi, sehingga menghasilkan suatu lapisan ruang bermuatan positif. Akibatnya potensial permukaan terbentuk, yang akan menghambat aliran elektron. Di dalam sensor, arus listrik mengalir melalui bagian-bagian penghubung (batas butir) kristal-kristal mikro  $\text{SnO}_2$ . Pada batas-batas antar butir, oksigen yang teradsorpsi membentuk penghalang potensial yang menghambat muatan bebas bergerak. Tahanan listrik sensor disebabkan oleh penghalang potensial ini.

Dalam lingkungan adanya gas pereduksi, dalam hal ini gas karbon monoksida, kerapatan oksigen teradsorpsi bermuatan negatif pada permukaan semikonduktor sensor menjadi berkurang, sehingga ketinggian penghalang pada batas antar butir berkurang. Ketinggian penghalang yang berkurang menyebabkan berkurangnya tahanan sensor. Tahanan sensor yang terjadi sangat kecil, sehingga diperkuat oleh Op Amp, sehingga besarnya tahanan dapat terukur.

Sensor merupakan suatu alat yang menerima stimulus dan mengeluarkan sinyal. Dalam hal ini, sensor menerima stimulus dari reaksi yang terjadi saat diapaparkan dengan gas pereduksi berupa karbon monoksida, sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan hambatan/tahanan listrik. Hubungan antara konsentrasi gas pereduksi dengan hambatan listrik dapat diformulasikan pada persamaan 2.12.

$$R_s = A[C]^{-\alpha} \quad (2.12)$$

$R_s$  merupakan hambatan listrik sensor,  $A$  merupakan konstanta,  $C$  merupakan konsentrasi gas, dan  $\alpha$  merupakan *slope* dari kurva hambatan listrik. Melalui persamaan tersebut, maka sensor dapat mengukur konsentrasi gas karbon monoksida. Dengan alat ukur tersebut, maka alat pendeteksi gas karbon monoksida dapat digunakan sebagai media pembelajaran materi reaksi reduksi dan oksidasi pada mata pelajaran kimia di kelas X berdasarkan standar isi

kurikulum 2013. Standar isi pada materi reaksi redoks kelas X sesuai dengan kurikulum 2013 dapat dilihat pada Lampiran C.

Konsep pengukuran hambatan listrik dapat dijelaskan dengan konsep fisika. Hambatan atau resistansi dalam suatu rangkaian listrik dibawa oleh resistor. Resistor mempunyai fungsi sebagai penghambat arus, pembagi arus, dan pembagi tegangan. Besarnya arus yang mengalir pada kawat penghantar tidak hanya bergantung pada tegangan, tetapi juga pada hambatan yang dimiliki kawat terhadap aliran elektron. Kuat arus listrik berbanding terbalik dengan hambatan, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.13)$$

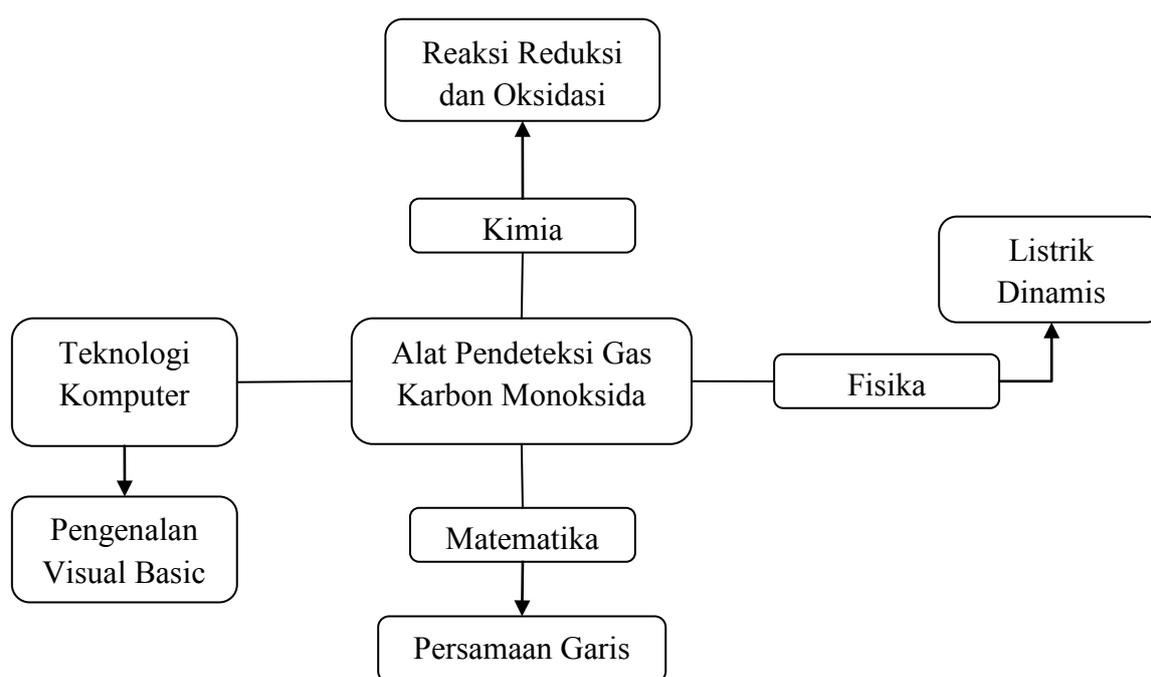
I merupakan arus yang mengalir pada sensor, V merupakan tegangan, dan R merupakan hambatan listrik sensor. Konsep ini selanjutnya dapat diterapkan pada materi listrik dinamis sebagai pengayaan pada mata pelajaran fisika kelas XII.

Sinyal listrik yang berupa hambatan listrik ini, selanjutnya terhubung dengan mikrokontroler yang berfungsi untuk mengubah data analog yang dikeluarkan oleh sensor menjadi data digital yang dapat dibaca oleh PC. Sinyal yang dikeluarkan oleh sensor berupa hambatan listrik ini diubah menjadi data oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan angka mentah yang mencerminkan data keluaran sensor. Data keluaran sensor ini dapat dibaca melalui program arduino yang dapat diinstal pada laptop/PC.

Mikrokontroler merupakan peralatan umum yang banyak digunakan dalam sistem *programming*. Dengan adanya mikrokontroller, berbagai macam sinyal yang melibatkan arus listrik dapat diubah menjadi data digital dan dibaca. Sehingga, dengan terbacanya suatu sinyal, data yang dikeluarkan dapat diolah atau dikendalikan. Konsep mikrokontroller ini dapat dijelaskan oleh konsep keahlian elektronika. Selanjutnya, data yang dibaca oleh arduino, dapat diatur dan diimport ke aplikasi pembelajaran interaktif yang dibuat melalui program visual basic.

Pembuatan aplikasi visual basic membutuhkan keahlian dalam bidang komputer atau teknologi informasi yang dapat diaplikasikan pada mata pelajaran teknologi informatika dan komputer. Algoritma pemrograman bagaimana cara

mengendalikan data digital yang dikeluarkan oleh sensor dapat dibuat dengan menggunakan program visual basic. Visual Basic merupakan bahasa pemrograman yang sangat mudah dipelajari, dengan teknik pemrograman visual yang memungkinkan penggunanya untuk berkreasi lebih baik dalam menghasilkan suatu program aplikasi (Basuki, 2006). Selanjutnya, aplikasi pembelajaran interaktif yang dibuat dari program visual basic, dikemas untuk dapat menghasilkan beberapa data hasil pengukuran konsentrasi gas karbon monoksida. Sehingga, dengan adanya data pengukuran tersebut, dapat dibuat suatu media pembelajaran untuk matematika yang memberi pemaparan tentang persamaan garis. Selanjutnya, konsep persamaan garis ini dapat dijelaskan dengan konsep matematika. Dari uraian di atas, konsep terintegrasi pada alat pendeteksi gas karbon monoksida dapat digambarkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Konsep Terintegrasi Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida

## 2.9 Model Pengembangan ADDIE

Model pengembangan yang digunakan adalah model pengembangan ADDIE. Model pengembangan ADDIE merupakan singkatan dari *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluations*. Model pengembangan ADDIE

dikembangkan oleh Dick and Carry untuk merancang sistem pembelajaran. Tahapan R & D model EDDIE dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Tahapan R&D Model ADDIE (Arkun, 2008)

Rincian tahapan R & D model ADDIE yaitu:

a. Tahap Analisis

Tahap analisis merupakan tahapan untuk menganalisis permasalahan yang terjadi pada pembelajaran. Permasalahan dideskripsikan untuk menggambarkan ketidatercapaian tujuan pembelajaran secara rinci. Analisis dilakukan untuk merinci perlunya pengembangan strategi pembelajaran baru dan menganalisis kelayakannya.

b. Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan tahap penentuan strategi untuk memecahkan permasalahan yang ada pada tahap analisis. Pada tahap ini, strategi pembelajaran dan langkah evaluasi dirancang. Kegiatan ini merupakan proses menetapkan tujuan pembelajaran, merancang kegiatan belajar mengajar, merancang perangkat pembelajaran, materi pembelajaran, dan alat evaluasi hasil belajar. Rancangan ini masih bersifat konseptual untuk mendasari proses pengembangan selanjutnya.

c. Tahap Pengembangan

Kegiatan pengembangan berisi realisasi rancangan produk. Kerangka yang masih konseptual pada tahap perancangan direalisasikan menjadi produk yang siap diimplementasikan.

d. Tahap Implementasi

Tahap ini berisi implementasi rancangan dan metode yang telah dikembangkan pada situasi yang nyata di kelas. Selama implementasi, rancangan yang telah dikembangkan diterapkan pada kondisi yang sebenarnya. Materi disampaikan sesuai dengan konsep strategi pembelajaran yang telah dirancang.

e. Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan dalam dua bentuk yaitu evaluasi formatif dan summatif. Evaluasi formatif dilaksanakan pada setiap akhir tatap muka, sedangkan evaluasi summative dilakukan setelah kegiatan belajar berakhir secara keseluruhan. Hasil evaluasi digunakan untuk memberi umpan balik terhadap strategi yang dikembangkan. Revisi dibuat sesuai dengan hasil evaluasi atau kebutuhan yang belum dapat dipenuhi pada strategi pembelajaran baru tersebut.

Model pengembangan ADDIE telah digunakan pada berbagai macam penelitian pengembangan. Arkun dan Akkoyunlu (2008) melakukan penelitian pengembangan pembelajaran berbasis multimedia berdasarkan model ADDIE. Penelitian ini diterapkan pada 85 siswa, yang terdiri dari 50 siswa perempuan dan 35 siswa laki-laki. Penelitian dilakukan dengan mengukur kemampuan awal dan akhir siswa. Hasilnya, pembelajaran berbasis multimedia memberi pengaruh terhadap peningkatan hasil belajar siswa.

Penelitian lain yaitu pengembangan media pembelajaran berupa aplikasi multimedia pengenalan pemanasan global dan solusinya menggunakan pendekatan ADDIE (Sukenda, 2013). Aplikasi ini diujikan kepada 20 pengguna untuk melihat respon terhadap konten aplikasi. Pengujian tentang tingkat kesesuaian konten aplikasi dengan ekspektasi pengguna dilakukan melalui survey dengan penyebaran kuisioner.

## **BAB 3**

### **METODA PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian pengembangan. Menurut Sujadi (2003) Penelitian dan Pengembangan atau *Research and Development* (R&D) adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru, atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan. Sementara menurut Putra (2011) penelitian dan pengembangan merupakan suatu metode penelitian yang secara sistematis diarahkan untuk merumuskan, menemukan, memperbaiki, mengembangkan, menghasilkan, menguji keefektifan produk, model, metode, prosedur tertentu yang lebih unggul dalam rangka efektivitas dan efisiensi. Produk tersebut tidak selalu berbentuk benda atau perangkat keras (*hardware*), seperti buku, modul, alat bantu pembelajaran di kelas atau di laboratorium, tetapi bisa juga perangkat lunak (*software*), seperti program komputer untuk pengolahan data, pembelajaran di kelas, perpustakaan atau laboratorium, ataupun model-model pendidikan, pembelajaran, pelatihan, bimbingan, evaluasi, manajemen, dll.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah flowmeter, pompa udara, wadah sampel, spatula, kaca arloji, gelas ukur, gelas beker, tabung reaksi, sumbat yang terhubung dengan selang dan pemanas. Sedangkan peralatan akuisisi data yang dipergunakan adalah mikrokontroler *Arduino Duemilanove* ATmega 328, kabel USB, kabel *male- female*, modul sensor gas model MQ-7, dan komputer atau laptop.

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah natrium hidroksida, asam format, asam sulfat pekat, gas nitrogen ( $N_2$ ), buangan asap kendaraan bermotor, kertas, etanol dan air.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian pengembangan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida disertai modul berbasis pendekatan STEM bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan masing-masing aspek yang diujikan dan untuk mengetahui besarnya pencapaian kompetensi siswa terhadap materi reaksi reduksi dan oksidasi.

Kelayakan media pembelajaran diteliti dari hasil pengisian masing-masing aspek yang diajukan pada kuesioner, dari setiap aspek yang diajukan. Penilaian kelayakan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida disertai modul ditujukan kepada 2 dosen dan 4 guru yaitu 2 guru SMA N 16 dan 2 guru SMK N 5 Surabaya yang mengampu mata pelajaran kimia.

Pencapaian kompetensi siswa diukur dengan melakukan 2 macam tes. *Pre test* merupakan tes untuk mengukur kemampuan awal siswa, dan *post test* untuk mengukur perubahan yang terjadi setelah melakukan kegiatan pembelajaran menggunakan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida disertai modul. Dari hasil tes tersebut akan diketahui besarnya pencapaian kompetensi siswa terhadap materi reaksi reduksi dan oksidasi.

Penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pembuatan media pembelajaran berupa alat pendeteksi gas karbon monoksida disertai modul, kalibrasi alat pendeteksi gas karbon monoksida, validasi modul, dan implementasi perangkat pembelajaran.

#### **4.1 Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida**

Media pembelajaran yang dikembangkan pada penelitian ini adalah alat pendeteksi gas karbon monoksida. Komponen utama alat pendeteksi gas karbon monoksida adalah modul sensor gas karbon monoksida tipe MQ-7. Alat pendeteksi gas tersebut memiliki limit deteksi 200 – 10.000 ppm. Modul sensor gas karbon monoksida dirangkai dengan dengan mikrokontroler *Arduino Duemilanove*. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengatur sensor melalui software Arduino dapat dilihat pada Lampiran 19. Gambar rangkaian alat pendeteksi gas karbon monoksida dapat dilihat pada Gambar 4.1.



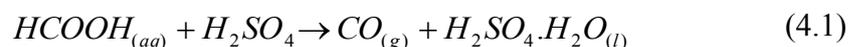
Gambar 4.1. Sistem Pendeteksi Gas Karbon Monoksida Hasil Penelitian, 2015

Alat pendeteksi gas karbon monoksida yang dihasilkan terdiri dari beberapa bagian, yaitu sensor, mikrokontroler, dan tempat sampel. Alat pendeteksi gas karbon monoksida melakukan penginderaan (*sensing*) selama 90 detik setelah 60 detik mengalami pembersihan (*purge*).

#### 4.1.1 Kalibrasi Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida

##### 4.1.1.1 Pembuatan Gas Karbon Monoksida

Pembuatan gas karbon monoksida dilakukan dengan metode *Thermal* yaitu dengan memanaskan asam format ( $\text{HCOOH}$ ) dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Metode *Thermal* dapat menghasilkan gas karbon monoksida dengan kemurnian lebih dari 95% (Mattson, 2006). Gas karbon monoksida yang dihasilkan tidak berwarna. Reaksi yang terjadi pada pembuatan gas karbon monoksida melalui metode *Thermal* dapat dilihat pada persamaan 4.1.



Pembuatan gas karbon monoksida menggunakan metode termal menghasilkan gas karbon monoksida 25 mL setiap kali pemanasan. Gas karbon monoksida yang dihasilkan tidak berwarna dan tidak terlihat mengandung uap air yang ditunjukkan dengan *syringe* yang digunakan tidak terdapat titik-titik air di dalamnya.

Berdasarkan uraian di atas dapat dijelaskan bahwa penggunaan media alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM pada siswa kelas X KI dengan menggunakan media tersebut dapat meningkatkan hasil belajar siswa dan dapat mengantarkan siswa mencapai ketuntasan belajar. Pemilihan media berupa alat pendeteksi gas karbon monoksida sesuai dengan materi reaksi reduksi dan oksidasi serta sesuai dengan tujuan yang dicapai. Media merupakan suatu alat atau benda yang digunakan oleh pengirim kepada penerima untuk menyampaikan pesan atau informasi, sehingga pemahaman penerima akan menjadi meningkat yang harapannya diikuti dengan meningkatkan hasil prestasi belajar.

Media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM merupakan salah satu media penyampaian materi dimana siswa diajak untuk mempelajari secara nyata aplikasi dari reaksi reduksi dan oksidasi. Siswa diajak untuk membangun konsep tentang reaksi reduksi dan oksidasi melalui aktivitas-aktivitas yang disusun di modul. Aktivitas-aktivitas tersebut berupa demonstrasi oleh guru, eksperimen dan diskusi.

Hasil analisis tahap awal dari hasil *pre-test* antara dua kelompok yaitu antara kelas eksperimen yang diberikan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM dengan kelas kontrol yang diberikan metode pembelajaran ceramah menunjukkan bahwa kemampuan awal dari dua kelompok tersebut adalah sama. Sehingga dengan tidak adanya perbedaan kemampuan awal maka kedua kelompok tersebut telah memenuhi syarat kriteria untuk diberikan penelitian lebih lanjut.

Penggunaan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM telah terbukti secara signifikan memberikan pengaruh terhadap prestasi hasil belajar siswa kelompok eksperimen setelah menggunakan media pembelajaran tersebut dalam proses pembelajaran. Serta terdapat peningkatan secara signifikan terhadap prestasi belajar kognitif pada kelas eksperimen karena penggunaan media pembelajaran tersebut. Sehingga penerapan media pembelajaran ini nantinya dapat digunakan sebagai alat bantu pengajar dalam proses pembelajaran saat proses pembelajaran pada materi reaksi reduksi dan oksidasi berlangsung. Selain itu media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida bertujuan menyajikan informasi dalam bentuk yang

menarik, menyenangkan, dan berpusat pada aktivitas siswa. Informasi tentang materi pembelajaran akan mudah dimengerti karena sebanyak mungkin indera, terutama telinga dan mata, digunakan untuk menyerap informasi tersebut.

Hasil analisis deskriptif *post-test* untuk kelompok kontrol yang diberikan dengan metode ceramah menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan kelas eksperimen. Hal tersebut dimungkinkan karena siswa yang diberikan dengan metode ceramah merasa pembelajaran kurang menarik, sehingga minat siswa untuk belajar juga berkurang. Berdasarkan hasil analisis uji t pada hasil *post-test* terjadi peningkatan dari hasil perlakuan dan bukan akibat kondisi awal siswa yang berbeda karena sebelum dilakukan pembelajaran dua kelompok memiliki kemampuan awal yang sama yang dibuktikan dengan uji T hasil *pre test*.

Peningkatan hasil belajar kemampuan siswa dalam memahami materi reaksi reduksi dan oksidasi pada kedua kelompok, kelompok eksperimen untuk siswa yang diberikan media pembelajaran dengan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM dan kelompok kontrol untuk siswa yang diberikan metode ceramah. Melalui pendekatan STEM terkandung model pembelajaran PBL yang dapat mengarahkan siswa untuk berpikir kritis, meningkatkan keahlian, dan meningkatkan motivasi siswa (Alejandro, 2010).

Berdasarkan perbedaan yang signifikan dari hasil nilai *post-test* dapat menunjukkan bahwa pembelajaran dengan media alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM lebih baik dari pada pembelajaran dengan metode ceramah tanpa media pembelajaran. Selain dengan menggunakan perbedaan nilai yang signifikan, indikator efektifitas juga diukur dari tingkat keaktifan siswa, dengan menggunakan media alat pendeteksi gas karbon monoksida siswa lebih aktif dalam pembelajaran, karena siswa cenderung lebih tertarik dengan aktivitas pembelajaran berupa eksperimen dan contoh aplikasi yang lebih nyata, sehingga siswa dapat mengkonstruksi isi materi pembelajaran. Pada saat pembelajaran adanya timbal balik dari isi materi pembelajaran dimana siswa akan memunculkan pertanyaan dari apa yang mereka lihat dan dari pertanyaan tersebut akan dipaparkan oleh peneliti. Di akhir pembelajaran nantinya siswa lebih memahami materi pembelajaran tersebut.

Pembelajaran yang dikonsepsi dalam modul merupakan pembelajaran yang menuntut siswa untuk kerja berkelompok dan melakukan diskusi. Pembelajaran dengan diskusi menambah minat siswa terhadap pembelajaran karena siswa diberikan kesempatan untuk mengeluarkan pendapatnya. Pembelajaran yang melibatkan aktivitas diskusi membuat mereka lebih mudah berbagi pendapat dan bertukar pikiran kepada teman-temannya. Mereka saling diberikan kesempatan untuk berbicara mendiskusikan materi reaksi reduksi dan oksidasi, sehingga mereka merasa berpartisipasi dalam pembelajaran. Hal ini dapat meningkatkan minat siswa terhadap materi reaksi reduksi dan oksidasi. Seperti penelitian yang dilakukan dengan menggunakan konsep pembelajaran dengan diskusi dan berdasarkan masalah kontekstual, akan meningkatkan minat siswa, membuat pembelajaran lebih bermakna dan membuat konsep yang tertanam lebih permanen (Inel dan Balim, 2012).

Dalam pembelajaran dengan menggunakan media alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM, peran seorang guru lebih difokuskan sebagai fasilitator, sehingga di sini siswa yang lebih aktif dalam pembelajaran. Berdasarkan hal tersebut tingkat pemahaman siswa terhadap materi lebih baik karena pembelajaran ini diarahkan berorientasi konstruktivisme dan kebermaknaan. Berbeda dengan pembelajaran dengan metode konvensional tanpa menggunakan media pembelajaran untuk memahami tentang materi yang disampaikan, bahkan cenderung bosan dan malas untuk menerima pembelajaran (Izzudin, 2013). Berdasarkan pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan media pembelajaran dengan menggunakan alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM lebih efektif dibandingkan dengan metode ceramah konvensional.

Media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM memiliki berbagai kelebihan dan sangat memungkinkan bagi guru untuk membuat bahan ajar yang menarik siswa dengan menggunakan media tersebut sehingga inovasi pembelajaran yang dibuat sejalan dengan kurikulum 2013. Berkurangnya peran guru dalam pembelajaran melalui penggunaan media alat pendeteksi gas karbon monoksida menuntut siswa lebih aktif dalam kegiatan

pembelajaran karena banyak sedikitnya materi yang dipahami oleh siswa sangat bergantung pada keaktifan siswa saat terlibat dalam proses pembelajaran.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN dan SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Media pembelajaran kimia berupa alat pendeteksi gas karbon monoksida dan modul berbasis STEM telah berhasil dikembangkan. Media tersebut dikembangkan untuk materi reaksi reduksi dan oksidasi pada mata pelajaran kimia kelas X SMA/SMK. Alat pendeteksi gas karbon monoksida dikalibrasi dengan menggunakan gas CO pada konsentrasi 2500, 5000, 7500 dan 10.000 ppm. Berdasarkan hasil kalibrasi didapatkan kurva kalibrasi dengan persamaan  $y=0,000186x-0,036$ . Alat pendeteksi gas karbon monoksida dikembangkan untuk membangun konsep redoks melalui reaksi pada percobaan pembakaran alkohol dan pengukuran gas buang kendaraan bermotor.

Alat pendeteksi gas karbon monoksida dan modul telah dinyatakan valid oleh validator dengan nilai berturut-turut 3,21 dan 3,04 (skala 1-4). Media pembelajaran tersebut dievaluasi oleh 4 guru dan 2 dosen. Setelah dinyatakan valid, media tersebut diimplementasikan kepada siswa semester genap kelas X SMK N 5 Surabaya untuk mengetahui seberapa besar efektivitasnya. Berdasarkan hasil implementasi media tersebut, terdapat perbedaan hasil belajar kognitif dan afektif yang signifikan, antara siswa yang diberikan pembelajaran menggunakan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM daripada siswa yang diberikan pembelajaran tanpa menggunakan media tersebut. Rata-rata hasil belajar kognitif siswa pada kelas yang menggunakan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM adalah 7,37 sedangkan untuk kelas yang diberikan pembelajaran tanpa media tersebut sebesar 5,41 (skala 0-10). Kenaikan rata-rata sebelum diberikan pembelajaran dengan menggunakan media tersebut sebesar 4,323 sedangkan kenaikan pada kelas tanpa penggunaan media sebesar 2,404 (skala 0-10). Rata-rata hasil belajar afektif siswa pada kelas yang menggunakan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM adalah 79,22

sedangkan untuk kelas yang diberikan pembelajaran tanpa media tersebut sebesar 75,82 ( skala 0-100).

## **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan di atas, ada beberapa saran dari penulis yaitu sebagai berikut:

1. Kepada para pengajar disarankan untuk menerapkan pembelajaran dengan menggunakan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida disertai modul berbasis STEM pada saat membahas materi pembelajaran materi reaksi reduksi dan oksidasi. Mengingat penggunaan media pembelajaran tersebut terbukti dapat meningkatkan hasil belajar kompetensi dasar materi reaksi reduksi dan oksidasi.
2. Perlu ada penelitian lanjutan untuk populasi yang lebih besar dengan kondisi kelas yang beragam sehingga simpulan penelitian dapat berlaku untuk lingkup yang lebih luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alejandro, R.M.; Rosario, C.M and Juan. (2010). *Problem Based Learning (PBL): Analysis Of Continuous Stirred Tank Chemical Reactors With a Process Control Approach. International Journal of Software Engineering and Application (IJSEA)*. Vol.1, No.4.
- Anderson, R. G. W. (2013), “*Chemistry Laboratories, and How They Might be Studied*”, *Studies in History and Philosophy of Science*, Vol.44, hal. 669-675.
- Arikunto, S. (2001). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Bumi Aksara: Jakarta.
- Arikunto, Suharsini. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arikunto, Suharsini. 2009. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arkun,S. dan Akkonyulu, B. (2008). “ *A Study on the development process of a multimedia learning environment according to the ADDIE model and students’ opinions of the multimedia learning environment*”. Vol.17, hal. 1-19.
- Avargil, S., Herscovitzb, O., dan Dori, Y. J. (2013), “*Challenges in The Transition to Large-scale Reform in Chemical Education*”, *Thinking Skills and Creativity*, Vol.10, hal. 189-207.
- Baharom, S.; Hamid, R.; Hamzah, N. (2011). “*Development of a Problem Based Learning in Concrete Technology Laboratory Work*”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol.60, hal. 8-13.
- Bakrania, S.D.; Wooldridge, M.S. (2010). “*The effects of the location of Au additives on combustion-generated SnO<sub>2</sub> nanopowders for CO gas sensing*”, *Sensors*, hal.7002–7017.
- Basuki, A. (2006). “*Algoritma Pemrograman 2 Menggunakan Visual Basic 6*”. Surabaya.
- Benli, E. dan Sarikaya, M. (2012). “*The Investigation of Effect of Problem Based Learning to The Academic Achievement and The Permanence of*

- Knowledge of Prospective Science Teacher: The Problem of Boiler Stone*”, *Social and Behavioral Science*. Vol. 46, hal. 4317-4322.
- Cavanagh, L.M.; Afonja, A.; Binions, R. (2010). “*Metal oxide semi-conductor gas sensors in environmental monitoring*”, *Sensors*. hal.5469–5502.
- Depdikbud. (2013). *Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan*, Jakarta.
- Depdikbud. (2013). *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 66 Tahun 2013 tentang Standar Penilaian Pendidikan*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Depdikbud. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Depdikbud. (2013). *Standar Isi dan Standar Kompetensi Kurikulum 2013*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Draghicescu, L.M.; Patruscu, A.M.; Cristea, G.C.; Gorghiu, M. dan Gorghiu, G. (2011). “*Application of Problem-Based Learning Strategy in science Lessons-Examples of Good Practice*”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol.149, hal.297-301.
- Dragonieri, S.; Annema, J.T.; Schot, R.; Schee, M.P.C.V.D.; Spanevello, A.; Carratu, P.; Resta, O.; Rabe, K.F.; dan Sterka, P.J. (2009). “*An electronic nose in the discrimination of patients with non-small cell lung cancer and COPD*”, *Lung Cancer*. hal.166-170.
- Fraden, J. (2003). *Handbook of Modern Sensors, Physics and Application*. Springer
- Figaro Engineering Inc. (2004), *Product and General Information for TGS Sensors*, Japan.
- Figaro Engineering Inc. (2004), *TGS 5042 for The Detection of Carbon Monoxide*, Japan.
- Georgeman, F. (1978). “*Practical Organic Chemistry*”. London: Longman Group Limited.
- Henan Hanwei Electronics.Co.,Ltd. (2014). *MQ 7 Semiconductor Sensor for Carbon Monoxide*. [www.hwsensor.com](http://www.hwsensor.com)

- Hinze, S.R.; Rapp, D.N.; Williamson, V.M.; Shultz, M.J.; Deslongchamps, D. dan Williamson, K.C. (2013). “*Beyond ball-and-stick: Students’ processing of novel STEM visualizations*”, *Learning and Instruction*, Vol.26, hal. 12-21.
- Hofstein, A.; Lunetta, V.N. (2003). “*The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century*”.
- Inel, D; Balim, A.G. (2012). *Concept Cartoon Assisted Problem Based Learning Method in Science and Technology Teaching and Student’s Views. Social and Behavioral Sciences*. Vol. 93, hal.376 – 380.
- Izzudin, A.M. (2013). *Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Video Interaktif untuk Meningkatkan Hasil Belajar Praktik Serice Engine dan Komponen-Komponennya*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Jeenthong, T.; Ruenwongsa, P.; Sriwattanothai, N. (2014). “*Promoting Integrated Science Process Skills Through Betta-Live Science Laboratory*”.
- Kosegeran, V.V.; Kandekallo, E.; Sompie, S.R.U.; dan Bahrin. (2013). “*Perancangan Alat Ukur Karbon Monoksida, Karbondioksida, dan Hidrokarbon pada Keandaraan Bermotor*”. Teknik Elektro. UNSRAT
- Kristiana, E. (2011). “*Rancang Bangun Pendeteksi gas karbon Monoksida pada Kendaraan Bermotor*”. MIPA Universitas Negeri Semarang
- Latz, H.B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function? What is STEM Education?*
- Leite, L; Dourado, L. (2013). “*laboratory activities, science education and problem-solving skills*”, *Procedia-social and Behavioral Sciences*. Vol.106, hal.1677-1686.
- Liu, X; Cheng, S; Liu, H; zang, D; dan Ning, H. (2012). “*A Survey on gas Sensing Technology*”. *Sensors*. Vol.12
- Mattson, B; Anderson, M.P. (2006). *Microscale Gas Chemsitry 4<sup>th</sup> Edition*. Creighton University. USA
- Morrison, Janice, 2006. *TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education*.

- Naomi, M.; A. Gotkogen, J. Rankin, M. Anderson. (2012). “*Robotic Mission to Mars: Hands on, minds on, web based learning*”, *Acta Astronautica*. Vol (80), hal.124-131.
- OECD. (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. OECD Publishing.
- Omoosewo, E. O. (2006), “*The Laboratory Teaching Method in Science Based Disciplines*”, *African Journal of Educational Studies*, Vol. 4, No. 2, hal. 65-73.
- Prasetyo, Y.D.; Ikhsan, J. dan Sari, R.L.P. (2014). “*The Development of Android-Based Mobile Learning Media ass Chemistry Learning For Senior High School on Acid Base, Buffer Solution, and Salt Hydrolysis*”. Implementation and Education of Mathematic and Sciences.
- Putra, S.R. dan Darmadji. (2014). “*Tantangan dalam Pembelajaran Sains Kontekstual*”.
- Putra, N. (2011). “*Research and Development. Penelitian dan Pengembangan: Suatu Pengantar.*” Jakarta: Rajawali Pers.
- Shamsudin, N.M.; Abdullah, N.; Yaamat, N. (2013). “*Strategies of Teaching Science Using an Inquiry Based Education (IBSE) by Novice Chemistry Teachers*”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, hal.583-592.
- Sukenda, Falahah, dan Lathanio, F. (2013).”*Pengembangan Aplikasi Multimedia Pengenalan Pemansan Global dan Solusinya Menggunakan Pendekatan ADDIE*”.
- Sumarsono, J. 2009. *Fisika Untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan. Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung:Alfabeta.
- Tal, R.T.; Dori, Y.J. dan Lazarowits, R. (2000). “*A project-Based Alternative Assesment System*”, *Studies in Educational Evaluatio*, Vol 26, hal. 171-191.
- Utami, B; Nugroho, A; Mahardiani, L; Yamtinah, S; Mulyani, B. (2009). “*Kimia untuk SMA kelas XIP*”. Jakarta:Depdikbud

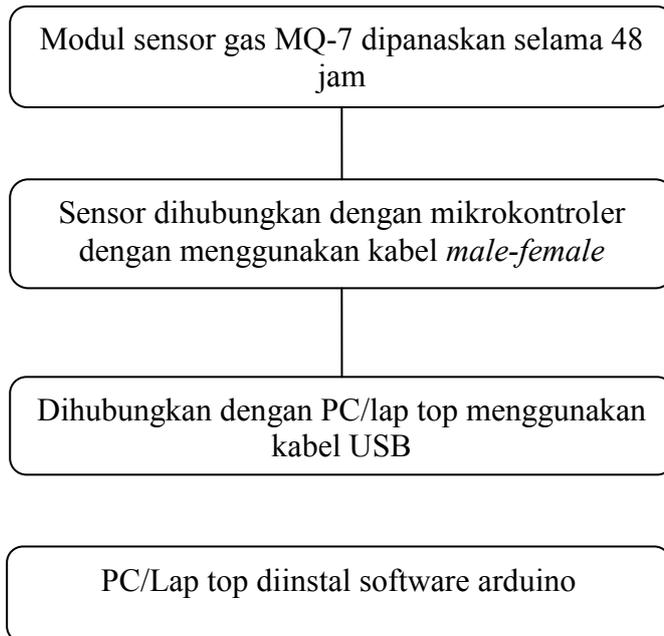
- Valeriu, D. (2013). “*The Organizing of The Evaluating Act in an Interdisciplinary Manner of The Preschool Education*”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol.76, hal.317 – 32.
- Wang, C.; Yin, L. (2010). *Metal Oxide Sensors: Sensitivity and Influencing Factors*. *Sensors*. Hal:2088-2106.
- Wetchakun, K.; Samerjai, T.; Tamaekong, N.; Liewhiran, C.; Siriwong, C.; Wisitsoraat, A.; Tuantranont, A.; Phanichphant, S. (2011). *Semiconducting Metal Oxides as Sensors for Environmentally Hazardous Gas*. *Sensors and Actuators B*. hal: 580-591
- Wiswall, M.; Stiefel, L.; Ellen, A.; Boccardo, J. (2014). *Does attending a STEM high school improve student performance? Evidence from New York City*. *Economics and Education Review*. Hal:93-105

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

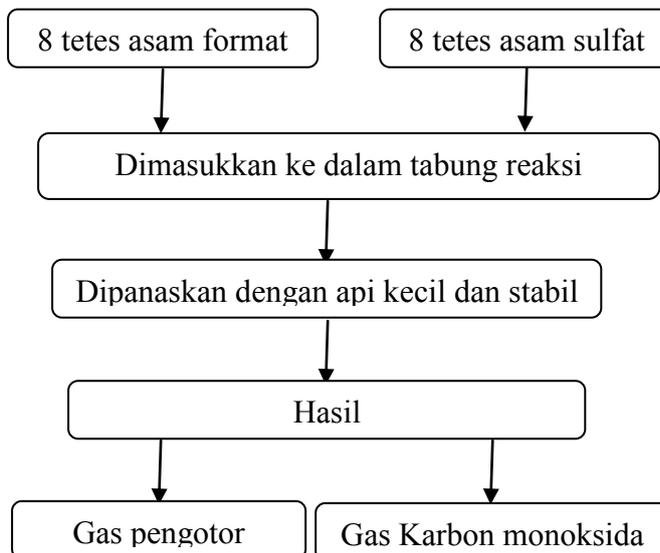
## LAMPIRAN 1

### SKEMA KERJA

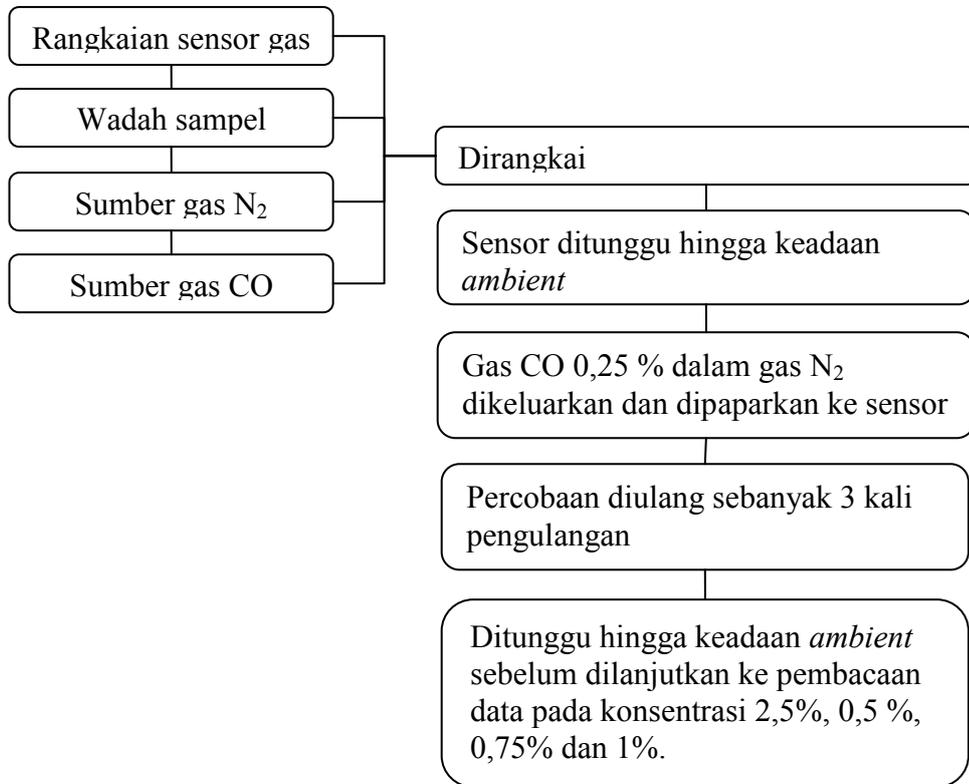
#### 1. Perangkaian Sensor Gas Karbon Monoksida



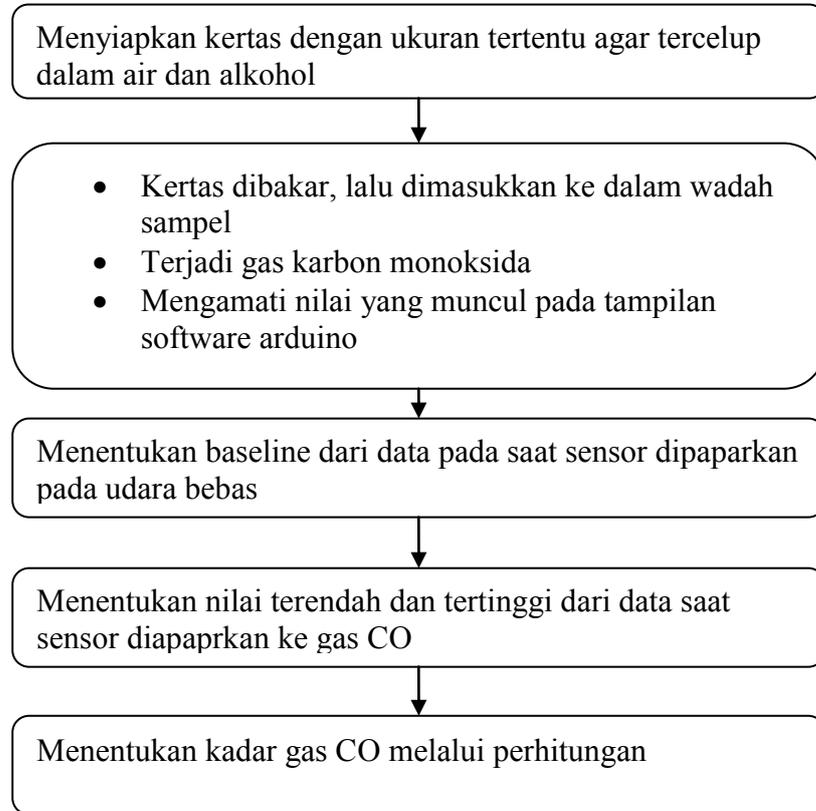
#### 2. Produksi Gas Karbon Monoksida



### 3. Kalibrasi Sensor



#### 4. Simulasi Percobaan



**LAMPIRAN 2**  
**RENCANA DAN JADWAL KEGIATAN PENELITIAN**

**Tabel Rencana dan Jadwal Kegiatan Penelitian (6 Bulan)**

Aktivitas penelitian	Bulan					
	1	2	3	4	5	6
1. Studi Literatur						
2. Persiapan peralatan dan bahan						
3. Tahap Perancangan						
4. Tahap Pengembangan						
5. Pembuatan Skenario pembelajaran dan Simulasi						
6. Penyusunan Modul						
7. Tahap Implementasi						
8. Tahap Evaluasi						
9. Penulisan laporan						

### LAMPIRAN 3

#### PERHITUNGAN KOMPOSISI GAS CO dan N<sub>2</sub>

Perhitungan Komposisi Sensor Gas Karbon Monoksida

limit deteksi sensor: 10 ppm-10.000ppm

Variasi campuran gas yang digunakan:

$$2500 \text{ ppm} = \frac{250}{1000000} \times 100\% = 0,25 \%$$

$$5000 \text{ ppm} = \frac{500}{1000000} \times 100\% = 0,5 \%$$

$$7500 \text{ ppm} = \frac{750}{1000000} \times 100\% = 0,75\%$$

$$10.000 \text{ ppm} = \frac{10000}{1000000} \times 100\% = 1\%$$

0,25% = 0,25 mL CO dan 99,75 mL N<sub>2</sub> = 2,5 mL CO + 997,5 mL N<sub>2</sub>

5% = 0,5 mL CO dan 99,5 mL N<sub>2</sub> = 5 mL CO + 995 mL N<sub>2</sub>

0,75% = 0,75 mL CO dan 99,25 mL N<sub>2</sub> = 7,5 mL CO + 992,5 mL N<sub>2</sub>

1% = 1 mL CO dan 99 mL N<sub>2</sub> = 10 mL CO + 990 mL N<sub>2</sub>

No	Kadar	V CO	V N <sub>2</sub>
1	0,25%	2,5 mL	997,5 mL
2	0,5%	5 mL	995 mL
3	0,75%	7,5 mL	992,5 mL
4	1%	10 mL	990 mL

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Klaten, 14 April 1991, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Pertiwi Gesikan Kabupaten Klaten, SD Negeri Gesikan Kabupaten Klaten, SMP Negeri 1 Wedi Kabupaten Klaten, dan SMA Negeri 2 Klaten. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana di Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta tahun 2012. Penulis menempuh studi magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui program beasiswa BPPDN Calon Dosen Dikti pada tahun 2013. Penulis mengambil bidang minat Pengajaran Kimia atas bimbingan Dr. rer.nat Fredy Kurniawan dan Prof. Dr. Surya Rosa Putra. Penulis dapat dihubungi melalui email [nariesta56@yahoo.com](mailto:nariesta56@yahoo.com).

## DAFTAR GAMBAR

<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Interaksi antara Bukti dengan Teori pada Pembelajaran Sains Berbasis Laboratorium.....	9
Gambar. 2.2 Proses Adsorpsi Oksigen oleh Sensor.....	16
Gambar 2.3 Grafik Sensitivitas Sensor.....	18
Gambar 2.4. Kurva Respon Sensor.....	18
Gambar 2.5. Kurva Keadaan Awal Sensor.....	19
Gambar 2.6. Kurva Stabilitas Sensor.....	20
Gambar 2.7 Modul Sensor MQ-7.....	21
Gambar 2.8. Karakteristik Kurva Sensitivitas Sensor Gas Karbon Monoksida.....	21
Gambar 2.9. Mikrokontroler Arduino Duemilanove ATmega 328.....	22
Gambar 2.10. Bentuk Molekul Karbon Monoksida.....	23
Gambar 2.11. Konsep Terintegrasi Alat Pendeteksi Gas CO.....	30
Gambar 3.1. Tahapan R n D Model.....	34
Gambar 3.2. Diagram Blok Rangkaian Sensor Pendeteksi Gas CO....	36
Gambar 3.3. Rancangan Sistem Pendeteksi Gas CO.....	37
Gambar 4.1. Sistem Pendeteksi Gas Karbon Monoksida.....	50
Gambar 4.2. SinyalOutput Terukur Alat Pendeteksi Gas CO.....	51
Gambar 4.3. Kurva Kalibrasi Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida	53
Gambar 4.4. Gambaran Deskriptif Modul.....	56
Gambar 4.5. Grafik Rerata Hasil Pre Test Kelas Kontrol dan kelas Eksperimen.....	68
Gambar 4.6. Grafik Deskripsi Hasil Post Test Kelompok Kontrol dan kelompok Eksperimen.....	70
Gambar 4.7. Grafik Hasil Uji Perbedaan Hasil Post Test Kelompok Kontrol dan kelompok Eksperimen.....	73
Gambar 4.8. Grafik Hasil Uji Perbedaan Hasil Pre Test dan Post Test Kelompok Kontrol.....	76

Gambar 4.9. Grafik Hasil Uji Perbedaan Hasil Pre Test dan Post Test Kelompok Eksperimen.....	79
Gambar 4.10. Grafik Hasil Uji Perbedaan Hasil Prestasi Belajar Afektif Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	82
Gambar 4.11. Grafik Hasil Penilaian Diri Aspek Sikap.....	83
Gambar 4.12. Grafik Hasil Penilaian Diri Aspek Konsep Diri dan Minat.....	84
Gambar 4.13. Grafik Hasil Penilaian Diri Aspek Nilai dan Moral.....	85

# Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis *Science, Technology, Engineering And Mathematics (Stem)* Dengan Topik Sistem Pendeteksi Gas Karbon Monoksida

Nina Ariesta<sup>1</sup>, Fredy Kurniawan<sup>1\*</sup>, dan Surya Rosa Putra<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pascasarjana Kimia, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia

\* email : [fredy@chem.its.ac.id](mailto:fredy@chem.its.ac.id)

## ABSTRAK

Pada proses pembelajaran sains, khususnya kimia, diperlukan proses transfer pengetahuan ke dalam kehidupan nyata. Untuk menjembatani proses transfer pengetahuan tersebut, diperlukanlah suatu metode pembelajaran yang lebih interaktif, yaitu metode pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Pemahaman konsep sains, yang berupa konsep matematika, teknologi dan eksperimen di laboratorium dapat diintegrasikan sehingga siswa akan menjadi lebih memahaminya dalam konteks yang menyeluruh. Salah satu pendekatan yang dapat mengintegrasikan bidang ilmu satu dengan bidang ilmu lainnya adalah pendekatan STEM. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis STEM pada topik sistem pendeteksi gas karbon monoksida (CO) dan modul ajar. Sensor gas yang digunakan yaitu modul sensor gas model MQ 7 yang dikalibrasi dengan menggunakan gas karbon monoksida pada konsentrasi 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1%, (n=3). Pembuatan modul disesuaikan dengan kurikulum 2013 dan pendekatan pembelajaran STEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pendeteksi gas CO yang telah divalidasi oleh 2 dosen kimia dan 4 guru kimia SMA/SMK layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran kimia terintegrasi berbasis STEM, dengan skor kelayakan sebesar 3,15 dan modul interaktif STEM sebesar 3,21. Uji coba lapangan dilakukan pada 37 siswa kelas eksperimen dan 37 siswa kelas kontrol di SMKN 5 Surabaya. Berdasarkan hasil uji coba lapangan, terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan baik pada aspek kognitif, afektif, dan psikomotor.

Kata kunci : gas karbon monoksida, media pembelajaran kimia, sistem pendeteksi gas, *Science Technology Engineering and Mathematics (STEM)*

## PENDAHULUAN

Salah satu tantangan eksternal pendidikan Indonesia yaitu pengaruh dan imbas tekno-sains dan transformasi bidang pendidikan. Berdasarkan data PISA (*Program for International Student Assessment*) pada tahun 2012, menunjukkan bahwa Indonesia berada pada urutan ke 64 dari studi yang diadakan oleh OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) [1]. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas pendidikan di Indonesia masih tergolong rendah, khususnya pada bidang sains. Sedangkan tantangan internal adalah bagaimana mengupayakan lulusan menjadi sumberdaya manusia yang memiliki kompetensi dan keterampilan melalui pendidikan [2]. Sehingga, untuk memenuhi

tantangan eksternal maupun internal tersebut, diperlukan upaya untuk memperbaiki mutu pendidikan melalui proses pembelajaran.

Pemerintah melalui Permendikbud menginstruksikan bahwa proses pembelajaran diubah menjadi proses pembelajaran yang berpusat pada siswa, interaktif, pembelajaran jejaring, berbasis tim, berbasis alat atau multimedia, multidisiplin, dan pembelajaran kritis. Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat diterapkan adalah pendekatan pembelajaran (STEM). STEM memungkinkan siswa untuk mempelajari konsep dengan menerapkan 4 disiplin ilmu (sains, teknologi, keahlian teknik dan matematika)

secara terintegrasi. Menurut Omosewo (2006), pemahaman lebih mendalam dapat dicapai melalui eksperimen di laboratorium, yang mendorong keaktifan peserta didik dan berpikir kritis [3]. Aktivitas laboratorium juga menyebabkan siswa memahami konsep, dan dalam waktu yang sama, dapat mengaitkannya dalam suatu proses membangun pengetahuan [4]. Oleh karena itu, untuk mendukung pembelajaran kimia, peserta didik tidak hanya memerlukan teori, tetapi juga aktivitas nyata berupa eksperimen di laboratorium. Maka dari itu, diperlukan media pembelajaran yang dapat memasukkan konsep sains, teknologi, keahlian dan matematika ke dalam proses pembelajaran.

Media pembelajaran yang dapat dikembangkan adalah alat pendeteksi berupa sensor dan modul interaktif. Prinsip kerja sensor mengintegrasikan beberapa bidang ilmu, yaitu bidang kimia, fisika, matematika dan teknologi. Cara kerja sensor dibagi menjadi tiga bagian, yaitu masukan, pemrosesan dan keluaran [5]. Piranti masukan dikerjakan oleh sensor itu sendiri, dalam sensor tersebut terjadi proses absorpsi, berupa reaksi reduksi dan oksidasi melalui adsorpsi oksigen [6]. Proses kimia yang berlangsung di dalam sensor tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan tegangan listrik karena terjadi aliran elektron, yang mana fenomena ini dapat dijelaskan oleh konsep fisika. Sedangkan pemrosesan dilakukan oleh mikrokontroler yang mengubah data analog keluaran dari sensor menjadi data digital, sehingga akan didapatkan keluaran yang dapat divisualisasi dengan menggunakan *software* tertentu, yang dapat dijelaskan dengan menggunakan konsep di bidang ilmu komputer

atau teknologi dan matematika. Salah satu alat pendeteksi yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran adalah sensor gas karbon monoksida.

Pada proses kerjanya dalam mendeteksi gas karbon monoksida, di dalamnya terjadi proses reaksi redoks. Pada saat sensor terpapar udara bebas, oksigen terabsorb pada partikel Timah(IV) Oksida sebagai ion  $O^-$ . Saat sensor dipaparkan gas CO yang merupakan gas pereduksi, gas CO bereaksi dengan ion  $O^-$  pada permukaan partikel menyebabkan terjadinya perbedaan konduktivitas pada sensor [7]. Dengan menggunakan prinsip kerja alat tersebut dan reaksi-reaksi yang terlibat dalam proses pendeteksian, sehingga dapat digunakan untuk membantu siswa dalam membangun konsep pada materi reaksi reduksi dan oksidasi.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti akan mengembangkan media pembelajaran berupa sensor kimia untuk mendeteksi gas karbon monoksida, beserta modul penunjang yang dapat diterapkan dalam pembelajaran kimia berbasis STEM.

## **METODE PENELITIAN**

### **2.1 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah natrium hidroksida, asam format, asam sulfat pekat, gas nitrogen ( $N_2$ ), buangan asap kendaraan bermotor, kertas, etanol dan air.

### **2.2 Model Penelitian Pengembangan**

Model penelitian pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE. Tahapan R & D model ADDIE dapat disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Model ADDIE

Tahap analisis merupakan tahapan untuk menganalisis permasalahan yang terjadi pada pembelajaran. Tahap perancangan terdiri dari beberapa bagian yaitu perancangan media pembelajaran berupa alat pendeteksi gas CO, perancangan modul interaktif, dan diagram blok rangkaian media pembelajaran. Tahap pengembangan berisi realisasi rancangan konsep pembelajaran, pembuatan alat pendeteksi gas karbon monoksida dan modul. Modul sensor MQ-7 dirangkai dengan mikrokontroler Arduino Duemilanove laptop dan tempat sampel. Kalibrasi sensor dilakukan dengan mengalirkan campuran gas karbon monoksida dan gas nitrogen dengan komposisi 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1%. Penyusunan modul ajar didasarkan pada analisis KI dan KD pada materi reaksi reduksi dan oksidasi untuk siswa kelas X SMA/SMK semester genap. Evaluasi media pembelajaran dilakukan oleh 4 guru dan 2 dosen ahli. Implementasi dilakukan

terhadap siswa pada 2 kelas yaitu berupa kelas control dan kelas eksperimen.

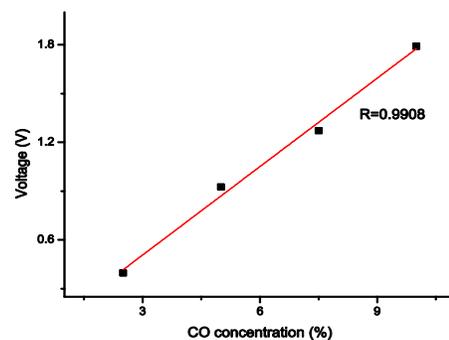
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Media pembelajaran yang dikembangkan pada penelitian ini adalah alat pendeteksi gas karbon monoksida dan modul pembelajaran interaktif berbasis STEM pada topik reaksi reduksi dan oksidasi. Gambar rangkaian alat pendeteksi gas karbon monoksida dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Pendeteksi Gas Karbon Monoksida

Kalibrasi alat pendeteksi gas karbon monoksida dilakukan pada konsentrasi 2.500, 5.000, 7.500 dan 10.000 ppm menghasilkan kurva kalibrasi disajikan pada Gambar.



Gambar 3. Kurva Kalibrasi Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida

Validasi dilakukan oleh 6 orang validator yang terdiri dari 2 dosen dan 4 guru yang telah memiliki pengalaman dalam pembelajaran

kimia. Hasil validasi ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan tabel 1, alat pendeteksi gas karbon monoksida telah dinyatakan valid oleh validator, sehingga siap diterapkan pada tahap implementasi.

Tabel 1. Hasil Penilaian Sistem Pendeteksi Gas Karbon Monoksida

No	Aspects	$\bar{x}$	SD	Kriteria
1	Desain dan unjuk kerja	3,15	0,41	Valid
2	Kemudahan penggunaan	3,06	0,42	Valid
3	Manfaat	3,24	0,59	Valid
4	Materi terkait	3,33	0,48	Sangat Valid
	Rerata	3,21	-	Valid

Modul pembelajaran dibuat berdasarkan standar kompetensi dan kompetensi dasar pada materi kimia topik reaksi reduksi dan oksidasi sesuai standar kurikulum 2013. Gambaran

deskriptif modul materi reaksi reduksi dan oksidasi dapat dilihat pada lampiran. Modul yang telah dikembangkan divalidasi oleh 6 orang validator yang terdiri dari 2 dosen dan 4 guru yang telah memiliki pengalaman dalam pembelajaran kimia. Hasil validasi ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel 1, modul telah dinyatakan valid oleh validator, sehingga siap diterapkan pada tahap implementasi.

Tabel 2. Hasil Penilaian Modul Pembelajaran

No	Aspects	X	SD	Kriteria
1	Kelayakan Isi	3,18	0,46	valid
2	Kelayakan Penyajian	3,26	0,46	Sangat valid
3	Kelayakan Bahasa	3,14	0,48	Valid
	Rerata	3,04	-	

Media pembelajaran diimplementasikan di SMK N 5 Surabaya. Hasil implementasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Statistik Prestasi belajar Siswa

	Kelompok	Rata-rata	t hitung	t <sub>tabel</sub>	Kriteria	
Pre Test	Kontrol	3,010	0,742	2,028	Tidak signifikan	Ho diterima
	Eksperimen	3,046				
Post Test	Kontrol	5,41	8,279	2,028	Signifikan	Ho ditolak
	Eksperimen	7,37				
Kelas Kontrol	Pre Test	3,010	28,377	1,994	Signifikan	Ho ditolak
	Post Test	5,414				
Kelas Eksperimen	Pre Test	3,046	77,597	1,994	Signifikan	Ho ditolak
	Post Test	7,369				
Afektif	Kontrol	75,82	5,168	2,028	Signifikan	Ho ditolak
	Eksperimen	79,22				

Berdasarkan Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa penggunaan media alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM pada siswa kelas X KI dengan menggunakan media tersebut dapat meningkatkan hasil belajar siswa dan dapat

mengantarkan siswa mencapai ketuntasan belajar.

Hasil analisis tahap awal dari hasil *pre-test* antara dua kelompok yaitu antara kelas eksperimen yang diberikan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM dengan kelas kontrol

yang diberikan metode pembelajaran ceramah menunjukkan bahwa kemampuan awal dari dua kelompok tersebut adalah sama. Sehingga dengan tidak adanya perbedaan kemampuan awal maka kedua kelompok tersebut telah memenuhi syarat kriteria untuk diberikan penelitian lebih lanjut.

Penggunaan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM telah terbukti secara signifikan memberikan pengaruh terhadap prestasi hasil belajar siswa kelompok eksperimen setelah menggunakan media pembelajaran tersebut dalam proses pembelajaran. Serta terdapat peningkatan secara signifikan terhadap prestasi belajar kognitif pada kelas eksperimen karena penggunaan media pembelajaran tersebut. Sehingga penerapan media pembelajaran ini nantinya dapat digunakan sebagai alat bantu pengajar dalam proses pembelajaran saat proses pembelajaran pada materi reaksi reduksi dan oksidasi berlangsung. Selain itu media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida bertujuan menyajikan informasi dalam bentuk yang menarik, menyenangkan, dan berpusat pada aktivitas siswa. Informasi tentang materi pembelajaran akan mudah dimengerti karena sebanyak mungkin indera, terutama telinga dan mata, digunakan untuk menyerap informasi tersebut.

Hasil analisis deskriptif *post-test* untuk kelompok kontrol yang diberikan dengan metode ceramah menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan kelas eksperimen. Hal tersebut dimungkinkan karena siswa yang diberikan dengan metode ceramah merasa

pembelajaran kurang menarik, sehingga minat siswa untuk belajar juga berkurang. Berdasarkan hasil analisis uji t pada hasil *post-test* terjadi peningkatan dari hasil perlakuan dan bukan akibat kondisi awal siswa yang berbeda karena sebelum dilakukan pembelajaran dua kelompok memiliki kemampuan awal yang sama yang dibuktikan dengan uji T hasil *pre test*.

Peningkatan hasil belajar kemampuan siswa dalam memahami materi reaksi reduksi dan oksidasi pada kedua kelompok, kelompok eksperimen untuk siswa yang diberikan media pembelajaran dengan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM dan kelompok kontrol untuk siswa yang diberikan metode ceramah. Melalui pendekatan STEM terkandung model pembelajaran PBL yang dapat mengarahkan siswa untuk berpikir kritis, meningkatkan keahlian, dan meningkatkan motivasi siswa [8].

Berdasarkan perbedaan yang signifikan dari hasil nilai *post-test* dapat menunjukkan bahwa pembelajaran dengan media alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM lebih baik dari pada pembelajaran dengan metode ceramah tanpa media pembelajaran. Selain dengan menggunakan perbedaan nilai yang signifikan, indikator efektifitas juga diukur dari tingkat keaktifan siswa, dengan menggunakan media alat pendeteksi gas karbon monoksida siswa lebih aktif dalam pembelajaran, karena siswa cenderung lebih tertarik dengan aktivitas pembelajaran berupa eksperimen dan contoh aplikasi yang lebih nyata, sehingga siswa dapat mengkonstruksi isi materi pembelajaran. Pada saat

pembelajaran adanya timbal balik dari isi materi pembelajaran dimana siswa akan memunculkan pertanyaan dari apa yang mereka lihat dan dari pertanyaan tersebut akan dipaparkan oleh peneliti. Di akhir pembelajaran nantinya siswa lebih memahami materi pembelajaran tersebut.

Pembelajaran yang dikonseptkan dalam modul merupakan pembelajaran yang menuntut siswa untuk kerja berkelompok dan melakukan diskusi. Pembelajaran dengan diskusi menambah minat siswa terhadap pembelajaran karena siswa diberikan kesempatan untuk mengeluarkan pendapatnya. Pembelajaran yang melibatkan aktivitas diskusi membuat mereka lebih mudah berbagi pendapat dan bertukar pikiran kepada teman-temannya. Mereka saling diberikan kesempatan untuk berbicara mendiskusikan materi reaksi reduksi dan oksidasi, sehingga mereka merasa berpartisipasi dalam pembelajaran. Hal ini dapat meningkatkan minat siswa terhadap materi reaksi reduksi dan oksidasi. Seperti penelitian yang dilakukan dengan menggunakan konsep pembelajaran dengan diskusi dan berdasarkan masalah kontekstual, akan meningkatkan minat siswa, membuat pembelajaran lebih bermakna dan membuat konsep yang tertanam lebih permanen [9].

## KESIMPULAN

Media pembelajaran yang dikembangkan telah dinyatakan valid oleh validator dengan nilai berturut-turut 3,21 dan 3,04 (skala 1-4). Rata-rata hasil belajar kognitif siswa pada kelas yang menggunakan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM

adalah 7,37 sedangkan untuk kelas yang diberikan pembelajaran tanpa media tersebut sebesar 5,41 (skala 0-10). Kenaikan rata-rata sebelum diberikan pembelajaran dengan menggunakan media tersebut sebesar 4,323 sedangkan kenaikan pada kelas tanpa penggunaan media sebesar 2,404 (skala 0-10). Rata-rata hasil belajar afektif siswa pada kelas yang menggunakan media pembelajaran alat pendeteksi gas karbon monoksida beserta modul berbasis STEM adalah 79,22 sedangkan untuk kelas yang diberikan pembelajaran tanpa media tersebut sebesar 75,82 (skala 0-100).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr.rer.nat. Fredy Kurniawan, Faizatur Rohmah, M.Si., serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

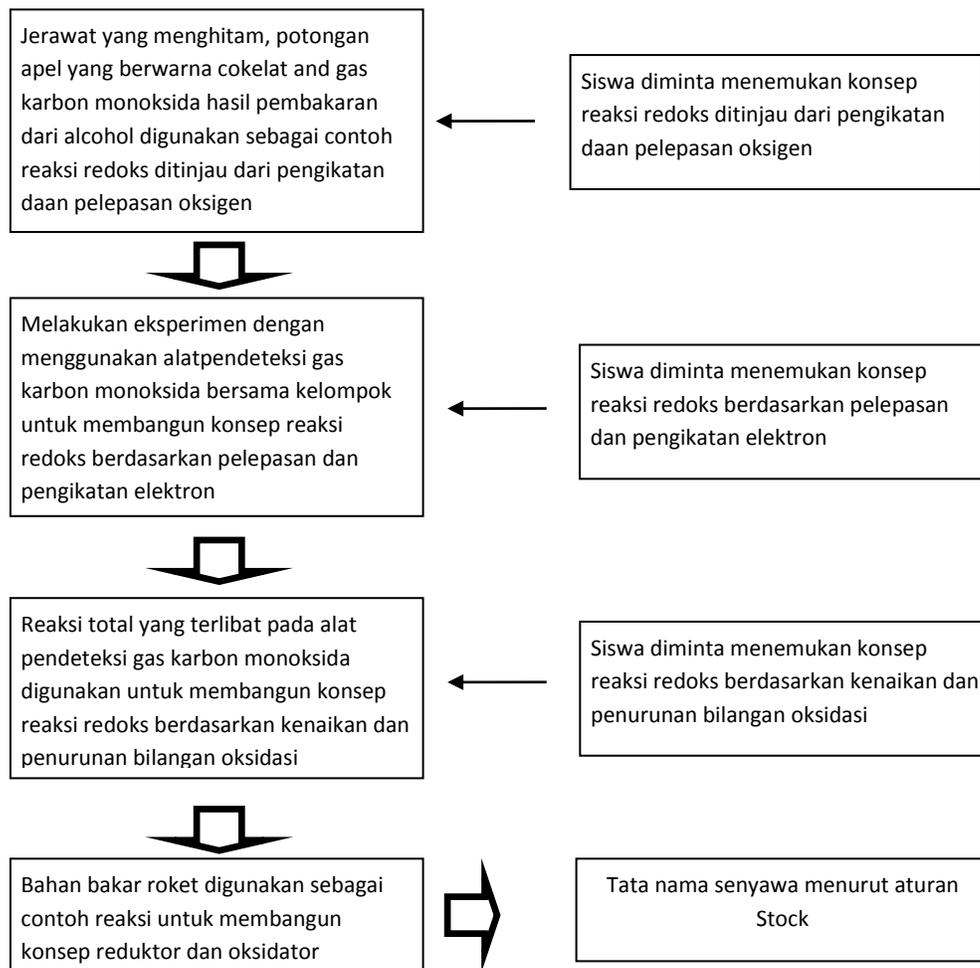
## DAFTAR RUJUKAN

- [1] OECD. (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. OECD Publishing.
- [2] Depdikbud. (2013). *Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan*, Jakarta.
- [3] Omosewo, E. O. (2006), "The Laboratory Teaching Method in Science Based Disciplines", *African Journal of Educational Studies*, Vol. 4, No. 2, hal. 65-73.
- [4] Hofstein, A.; Lunetta, V.N. (2003). "The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century".

- [5] Fraden, J. (2003). *Handbook of Modern Sensors, Physics and Application*. Springer
- [6] Wang, C.; Yin, L. (2010). *Metal Oxide Sensors: Sensitivity and Influencing Factors*. *Sensors*. Hal:2088-2106.
- [7] Wetchakun, K.; Samerjai, T.; Tamaekong, N.; Liewhiran, C.; Siriwong, C.; Wisitsoraat, A.; Tuantranont, A.; Phanichphant, S. (2011). *Semiconducting Metal Oxides as Sensors for Environmentally Hazardous Gas*. *Sensors and Actuators B*. hal: 580-591
- [8] Alejandro, R.M.; Rosario, C.M and Juan. (2010). *Problem Based Learning (PBL): Analysis Of Continuous Stirred Tank Chemical Reactors With a Process Control Approach*. *International Journal of Software Engineering and Application (IJSEA)*. Vol.1, No.4.
- [9] Inel, D; Balim, A.G. (2012). *Concept Cartoon Assisted Problem Based Learning Method in Science and Technology Teaching and Student's Views*. *Social and Behavioral Sciences*. Vol. 93, hal.376 – 380.

## Lampiran

Diagram 1. Gambaran Deskriptif Modul



## PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN KIMIA BERBASIS *SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND MATHEMATICS (STEM)* PADA TOPIK SISTEM PENDETEKSI GAS KARBON MONOKSIDA

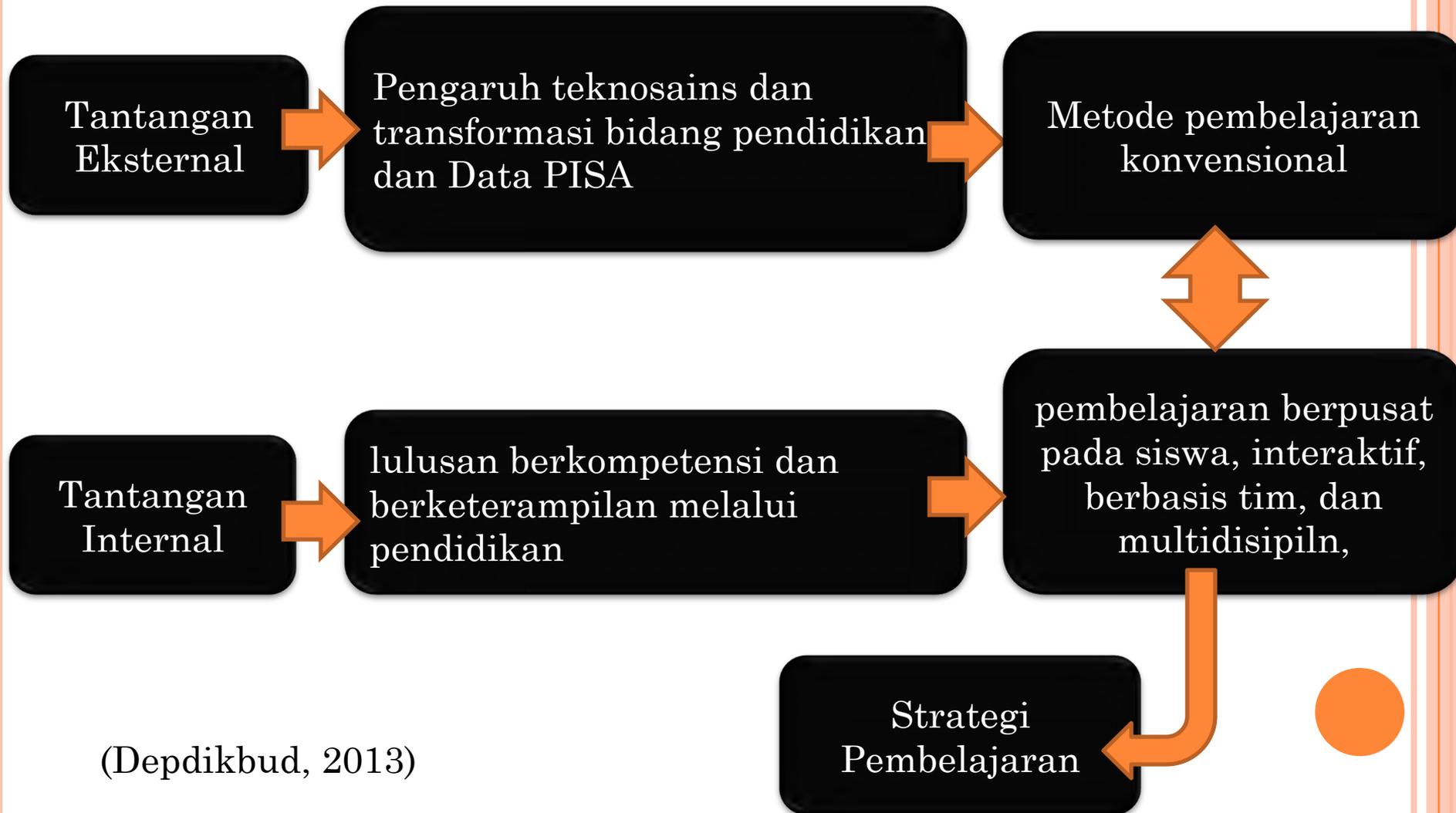
**Oleh :**  
**NINA ARIESTA (1413203004)**

**DOSEN PEMBIMBING:**

1. **Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan,  
M.Si**
2. **Prof. Surya Rosa Putra, Ph.D.**



# LATAR BELAKANG



(Depdikbud, 2013)



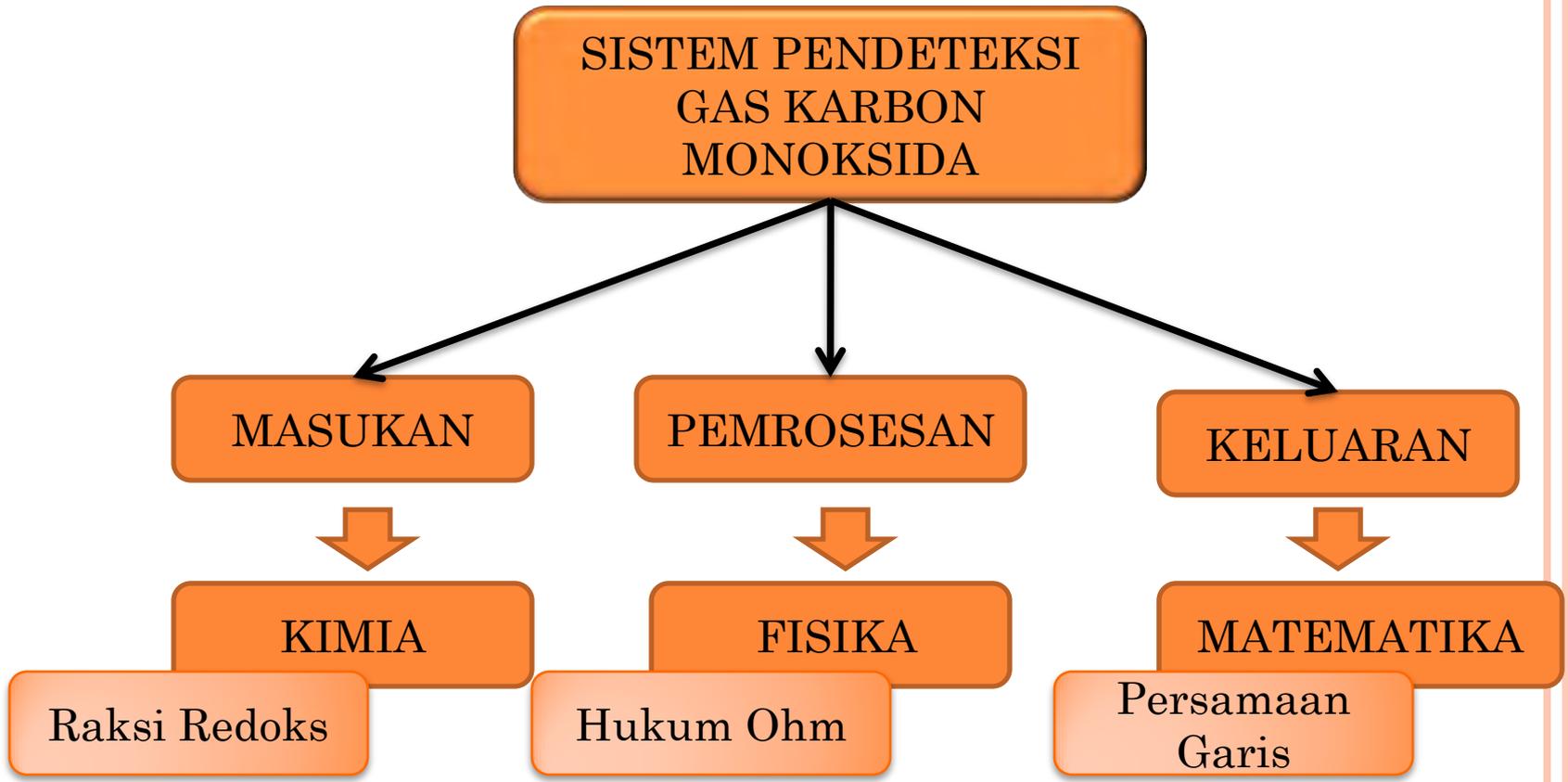
Pemahaman lebih mendalam mll eksperimen (Omosewo, 2006)

Perlu Media Pembelajaran Berbasis STEM



riset optimalisasi sarana laboratorium sbg media pembelajaran sedikit (Anderson, 2013)





# PERUMUSAN MASALAH

pembelajaran yang  
berpusat pada siswa



pemanfaatan  
laboratorium belum  
terintegrasi  
(multidisiplin)



bagaimana mengemas  
sistem detektor gas karbon  
monoksida sebagai media  
pembelajaran berbasis  
STEM



# TUJUAN PENELITIAN

Untuk menciptakan perangkat pembelajaran berbasis STEM pada topik redoks, berupa alat pendeteksi gas karbon monoksida, serta modul interaktif berbasis STEM



# MANFAAT PENELITIAN

- sebagai sarana penyedia media pembelajaran berupa detektor gas karbon monoksida dan modul yang berbasis pendekatan STEM
- memberikan kontribusi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pengajaran kimia



## Alat

- modul sensor gas model MQ-7
- Flowmeter
- pompa udara
- wadah sampel
- Spatula
- Kaca arloji
- Gelas ukur, gelas beker, tabung reaksi, sumbat yang terhubung dengan selang dan pemanas
- mikrokontroler *Arduino Duemilanove* ATmega 328, kabel USB, kabel *male-female*,
- komputer atau laptop

## Bahan

- asam asetat
- asam sulfat pekat
- gas nitrogen (N<sub>2</sub>) UHP
- buangan asap kendaraan bermotor
- kertas
- etanol
- air

# RANCANGAN PENELITIAN



# DIAGRAM BLOK RANGKAIAN

