

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR STEM PADA TEMA GEMPA BUMI
DENGAN METODE *FOUR STEP TEACHING MATERIALS DEVELOPMENT*
(4S TMD) UNTUK MEMBANGUN KEMAMPUAN REKAYASA SISWA**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam



Disusun oleh:

Dwi Nurul Hidayah

NIM 1707245

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2019

**Pengembangan Bahan Ajar STEM Pada Tema Gempa Bumi dengan Metode
Four Step Teaching Materials Development (4S TMD) untuk Membangun
Kemampuan Rekayasa Siswa**

Oleh
Dwi Nurul Hidayah
SPs UPI Bandung, 2019

Sebuah Tesis Yang Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Magister Pendidikan (M.Pd) Pada Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

Sekolah Pascasarjana UPI



© Dwi Nurul Hidayah 2019

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2019

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang.

Tesis ini Tidak Boleh Diperbanyak Seluruhnya atau Sebagian,
Dengan Dicetak Ulang, Difoto Kopi, atau Cara Lainnya Tanpa Ijin dari Penulis.

DWI NURUL HIDAYAH

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR STEM PADA TEMA GEMPA BUMI
DENGAN METODE *FOUR STEP TEACHING MATERIALS*
DEVELOPMENT (4S TMD) DALAM MEMBANGUN KEMAMPUAN
REKAYASA SISWA**

Disetujui dan Disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



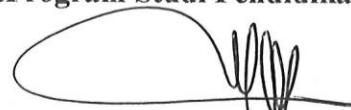
Dr. Ida Kaniawati, M.Si
NIP. 196208201987031002

Pembimbing II



Dr. Sjaeful Anwar, M.Si
NIP. 196807031992032001

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan IPA**



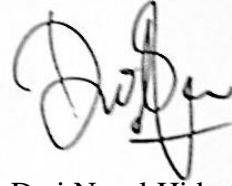
Dr. H. Riandi, M.Si
NIP 196305011988031002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “**Pengembangan Bahan Ajar STEM Tema Gempa Bumi dengan Metode Four Steps Teaching Material Development (4S TMD) untuk Membangun Kemampuan Rekayasa**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 24 Juli 2019

Yang membuat
pernyataan,



Dwi Nurul Hidayah

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR STEM PADA TEMA GEMPA BUMI
DENGAN METODE *FOUR STEP TEACHING MATERIALS
DEVELOPMENT (4S TMD)* UNTUK MEMBANGUN KEMAMPUAN
REKAYASA SISWA**

ABSTRAK

**Dwi Nurul Hidayah
1707245**

Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan, implementasi pembelajaran STEM hanya dilakukan dalam satu semester sekali dengan kendala tidak tersedianya bahan ajar. Pembelajaran STEM dengan aktivitas membuat produk akan membuat pembelajaran bermakna. Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan karakteristik, mengetahui kelayakan, dan mengetahui kemampuan rekayasa siswa setelah menggunakan bahan ajar STEM tema Gempa Bumi dengan metode *Four Step Teaching Materials Development (4S TMD)* untuk membangun kemampuan rekayasa siswa. Dengan menggunakan metode penelitian kuantitatif deskriptif, diperoleh hasil persentase tingkat kesulitan bahan ajar berdasarkan pendapat siswa memiliki karakteristik 96% mudah dan berdasarkan penulisan ide pokok oleh siswa 91% mudah. Bahan ajar masuk dalam kategori sangat layak. Hasil penerapan bahan ajar menunjukkan nilai rata-rata kemampuan rekayasa pada kompetensi memahami prinsip dasar teknologi dengan kategori sedang. Untuk penggunaan bahan ajar STEM tema gempa bumi dengan metode 4S TMD dapat membangun kemampuan rekayasa siswa. Kemampuan rekayasa siswa pada kompetensi memahami prinsip dasar teknologi, kelima kelompok mendapatkan nilai dalam kategori sedang dengan rata-rata 76,5. Kemampuan rekayasa siswa pada kompetensi mengembangkan solusi dan mencapai tujuan, 3 kelompok mendapatkan nilai dalam kategori tinggi dan 2 kelompok mendapatkan nilai dalam kategori sedang dengan keseluruhan rata-rata nilai 84 dalam kategori sedang.

Kata Kunci : Bahan Ajar STEM, Gempa bumi, 4S TMD, Kemampuan Rekayasa

**DEVELOPMENT OF STEM TEACHING MATERIALS IN EARTHQUAKE
THEMES USING FOUR STEP TEACHING MATERIALS DEVELOPMENT
(4S TMD) METHODS TO BUILD STUDENT'S ENGINEERING
CAPABILITIES**

ABSTRACT

**Dwi Nurul Hidayah
1707245**

Based on the preliminary studies that have been carried out, the implementation of STEM learning is only conducted once a semester with the constraints of the unavailability of teaching materials. STEM learning with activities to make products will make meaningful learning. The purpose of this study was to describe the characteristics, to know the feasibility, and to know the students' engineering capabilities after using the earthquake theme STEM teaching material using the Four Step Teaching Materials Development (4S TMD) method to build students' engineering capabilities. By using quantitative descriptive research methods, the results of the percentage of the difficulty level of teaching materials based on the opinions of students have the characteristics of 96% easy and based on the main idea writing by students 91% easy. Teaching materials fall into the very decent category. For the use of STEM teaching material on the theme of the earthquake with the 4S TMD method can build students' engineering abilities. Students' engineering skills in competency in understanding the basic principles of technology, the five groups get scores in the medium category with an average of 76.5. Students' engineering abilities in competency to develop solutions and achieve goals, 3 groups get scores in the high category and 2 groups get scores in the medium category with an overall score of 84 in the medium category.

Keywords: STEM Teaching Materials, Earthquakes, 4S TMD, Engineering Capabilities

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan tesis ini. Shalawat beserta salam semoga tetap tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya dan semoga sampai kepada kita selaku umatnya yang mengikuti sunah-sunahnya sampai akhir zaman. Aamin.

Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Pendidikan IPA pada Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia. Tesis ini berjudul "**Pengembangan Bahan Ajar STEM Tema Gempa Bumi dengan Metode Four Steps Teaching Material Development (4S TMD) untuk Membangun Kemampuan Rekayasa**". Tesis ini memaparkan bagaimana bahan ajar STEM tema gempa bumi mampu melatihkan kemampuan rekayasa sebagai *core idea* STEM sebagai bahan ajar pendamping.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan. Penulis menyadari akan segala keterbatasan dan kekurangan dari tesis ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan pembelajaran di masa depan.

Bandung, 24 Juli 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian tesis ini, penulis tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan dorongan berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Ida Kaniawati, M.Si selaku pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing I yang selalu membimbing proses pembelajaran selama di program magister, tesis, hingga penulisan *paper* untuk berbagai International Conference.
2. Bapak Dr. Sjaeful Anwar., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan sabar dan kesungguhan sampai terselesaiannya tesis ini.
3. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan IPA yang telah terlibat dalam proses validasi pada penyusunan bahan ajar dan memberikan bimbingan ilmunya selama penulis menjalani perkuliahan di Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Bapak/Ibu guru SMP Alfa Centauri yang terlibat sebagai validator dalam uji kelayakan bahan ajar.
5. Bapak dan Ibu yang sangat saya sayangi, Bapak Tumijan dan Ibu Siti Sahlatun. Terimakasih atas doa, kepercayaan, dan segala dukungan yang telah diberikan.
6. Kakak saya, Eka Elly Ardianawati yang selalu menjadi inspirator untuk terus menjadi yang terbaik.
7. Teman-teman saya di kelas IPA A dan B 2017. Terimakasih atas doa dan kesediannya dalam berproses bersama.
8. Keluarga besar Metamorfosa Indonesia Malang dan Bandung untuk segenap kesediannya membersamai dalam proses berjuang. Dan seluruh *partner* yang mendukung dalam penyelesaian tesis ini.

Semoga semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis menjadikan amal kebaikan dan dibalas oleh Allah SWT dengan balasan yang lebih baik. Aamiin.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Definisi Istilah	8
1.6 Struktur Organisasi Tesis.....	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA	11
2.1 Pembelajaran STEM.....	11
2.2 Bahan Ajar STEM	13
2.3 Metode 4S TMD (<i>Four Step Teaching Materials Development</i>).....	14
2.4 Kemampuan Rekayasa	18
2.5 Bahan ajar STEM dengan Metode 4S TMD	21
2.6 Kajian terkait tema gempa bumi dan gunung api	23
2.7 Gempa bumi dan bangunan tahan gempa	25
2.8 Kerangka Teoritis	26
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Metode Penelitian Development Research	27
3.2 Prosedur Penelitian	27
3.3 Partisipan dan Tempat Penelitian	30

3.4 Instrumen Penelitian	30
3.5 Hasil Uji Coba Instrumen Kemampuan Rekayasa	31
3.6 Analisis Data.....	33
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	37
4.1.Temuhan Hasil Penelitian	37
4.1.1 Karakteristik Pengembangan Bahan Ajar STEM Tema Gempa Bumi ..	37
4.1.2 Keterpahaman bahan ajar STEM tema Gempa Bumi	56
4.1.3 Kelayakan bahan ajar STEM tema Gempa Bumi	57
4.1.4 Kemampuan Rekayasa siswa setelah menggunakan baha ajar STEM Tema	61
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian.....	64
4.2.1 Karakteristik Bahan Ajar STEM Tema Gempa Bumi	64
4.2.2 Kelayakan Bahan Ajar STEM Tema Gempa Bumi	71
4.2.3 Kemampuan Rekayasa siswa	73
4.2.3.1 Kemampuan Rekayasa siswa pada kelompok 1	86
4.2.3.2 Kemampuan Rekayasa siswa pada kelompok 2	88
4.2.3.3 Kemampuan Rekayasa siswa pada kelompok 3	91
4.2.3.4 Kemampuan Rekayasa siswa pada kelompok 4	95
4.2.3.5 Kemampuan Rekayasa siswa pada kelompok 5	98
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, & REKOMENDASI	100
5.1 Simpulan.....	100
5.2 Implikasi	100
5.2 Rekomendasi.....	101
DAFTAR PUSTAKA	102

DAFTAR TABEL

- Tabel 3. 1 Instrumen penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 2 Pemberian Nilai pada Kriteria Penilaian.... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 3 Presentase Nilai dan Tingkat Keterpahaman Terhadap Teks**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 4 Kriteria Kelayakan Bahan Ajar (Slavin, 1992)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 5 Kompetensi Kemampuan Rekayasa..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 6 Rubrik penilaian lembar kerja siswa pada kompetensi 2.**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 1 Kompetensi Dasar (KD) pada tema gempa bumi
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 2 Cakupan ruang lingkup materi berdasarkan kompetensi kemampuan
rekayasa..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 3 Hasil Seleksi KD dan Indikator Pencapaian Kompetensi pada Tahap
Seleksi **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 4 Instrumen Peta konsep **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 5 Multipel Representasi **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 6 Hasil karakterisasi draft bahan ajar..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 7 Kisi-kisi reduksi **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 8 Hasil uji kelayakan bahan ajar STEM tema gempa bumi**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 9 Hasil uji kelayakan pada aspek isi bahan ajar **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 10 Perbaikan yang harus dilakukan aspek isi bahan ajar**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 11 Hasil uji kelayakan bahan ajar pada aspek kebahasaan .**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 12 Perbaikan yang harus dilakukan aspek kebahasaan bahan ajar**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 13 Hasil uji kelayakan sub aspek kelayakan penyajian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 14 Perbaikan yang harus dilakukan aspek kelayakan penyajian bahan ajar Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 15 Hasil uji kelayakan sub-aspek kelayakan kegrafikan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 16 Perbaikan yang harus dilakukan aspek kelayakan kegrafikan bahan ajar Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 17 Hasil nilai 5 kelompok pada kompetensi memahami prinsip dasar teknologi.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 18 Nilai kemampuan rekayasa siswa pada kompetensi mengembangkan solusi dan mencapai tujuan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 19 Hasil Reduksi didaktik.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 20 Perbandingan nilai kompetensi 1 dengan nilai kompetensi 2 pada masing-masing kelompok	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 21 Respons siswa pada setiap langkah pembelajaran di pertemuan ke-1 Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 22 Respons siswa pada setiap langkah pembelajaran di pertemuan ke-2 Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 23 Nilai rata-rata kemampuan rekayasa siswa kompetensi memahami prinsip dasar teknologi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 24 Nilai kompetensi mengembangkan solusi dan mencapai tujuan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 25 Nilai kelompok 1 pada kompetensi kemampuan rekayasa	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 26 Nilai kelompok 1 pada setiap indikator di kompetensi 2	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 27 Nilai kelompok 2 pada kompetensi kemampuan rekayasa	Error! Bookmark not defined.

- Tabel 4. 28 Nilai kelompok 2 pada setiap indikator di kompetensi 2 **Error!**
Bookmark not defined.
- Tabel 4. 29 Nilai kelompok 3 pada kompetensi kemampuan rekayasa **Error!**
Bookmark not defined.
- Tabel 4. 30 Nilai kelompok 3 pada setiap indikator di kompetensi 2 **Error!**
Bookmark not defined.
- Tabel 4. 31 Nilai kelompok 4 pada kompetensi kemampuan rekayasa **Error!**
Bookmark not defined.
- Tabel 4. 32 Nilai kelompok 4 pada setiap indikator di kompetensi 2 **Error!**
Bookmark not defined.
- Tabel 4. 33 Nilai kelompok 5 pada kompetensi kemampuan rekayasa **Error!**
Bookmark not defined.
- Tabel 4. 34 Nilai kelompok 5 pada setiap indikator di kompetensi 2 **Error!**
Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Langkah-Langkah Tahap Strukturisasi (Anwar, 2017) **Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 2. 2 <i>Engineering design process</i> (NGSS, 2013).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 3 Lapisan Bumi (dokumen kemendikbud)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 4 Bangunan Tahan Gempa (Sumber : www.ikons.id)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 5 Kerangka Teoritis.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Tahapan penelitian <i>Developmental Research</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 <i>Skema Four Step Teaching Materials Development</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 Butir Soal Nomor 4	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Pengembangan materi berdasarkan STEM.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Peta konsep.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Struktur Makro	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Persentase tingkat kesulitan draft bahan ajar berdasarkan pendapat siswa	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Persentase tingkat kesulitan draft bahan ajar berdasarkan penulisan ide pokok.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Tampilan cover dan Sajian isi buku	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Tampilan aktivitas siswa “Saatnya jadi saintis”	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Aktivitas siswa “saatnya jadi enjinir”	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Tampilan aktivitas siswa “Saatnya jadi enjinir analis”	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Tampilan aktivitas “coba cek pemahamanmu” ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11 Keterpahaman siswa berdasarkan pendapat siswa terhadap teks..	Error!
	Bookmark not defined.

- Gambar 4. 12 Keterpahaman siswa berdasarkan penulisan ide pokok teks.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 13 Hasil keterpahaman siswa terhadap bahan ajar...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 14 Tahap uji coba bangunan tahan gempa dengan *shake table*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 15 Hasil Uji Kelayakan Bahan Ajar **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 16Nilai kemampuan rekayasa pada kompetensi memahami prinsip dasar teknologi..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 17 Soal pertama pada instrumen kemampuan rekayasa.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 18 Paparan materi seismograf vertikal dan horizontal**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 19 Butir soal nomor 3..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 20 Butir soal nomor 6..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 21 Nilai kompetensi mengembangkan solusi dan mencapai tujuan...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 22 Grafik kemampuan rekayasa seluruh kelompok pada setiap indikator pada kompetensi 2..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 23 Kondisi kerusakan prototipe bangunan tahan gempa setelah.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 24 Grafik kemampuan rekayasa seluruh kelompok pada kompetensi 1 dan 2..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 25 Hasil penggerjaan kelompok 1 pada lembar kerja siswa**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 26 Hasil percobaan seismograf sederhana pada tabel pengamatan....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 27 Hasil penggerjaan lembar kerja siswa oleh kelompok 2**Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4. 28 Seismogram yang terbentuk pada prototipe seismograf sederhana oleh kelompok 2.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 29 soal nomor 5 pada instrumen kemampuan rekayasa..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 30 Aktivitas siswa “Saatnya menjadi enjinir analis”**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 31 aktivitas lanjutan “Saatnya jadi enjinir analis” ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 32 Pengerjaan lembar kerja siswa pada kompetensi 2 oleh kelompok 3
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 33 Data hasil uji coba prototipe bangunan tahan gempa oleh kelompok 3
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 34 Hasil pengerjaan lembar kerja siswa pada kompetensi 1 oleh**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 35 Data hasil uji coba prototipe bangunan tahan gempa menggunakan *shake-table* oleh kelompok 4**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 36 Hasil pengerjaan lembar kerja siswa pada kompetensi 2 oleh**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 37 Data hasil percobaan prototipe bangunan tahan gempa di atas *shake table* (meja gempa).....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tahap Seleksi	111
Lampiran 2 Tahap Strukturisasi	114
Lampiran 3 Tahap Karakterisasi	117
Lampiran 4 Reduksi Didaktik	120

Lampiran 5 Instrumen Kelayakan Bahan Ajar sesuai dengan BSNP (2015) modifikasi	127
Lampiran 6 RPP Praktik Sains dan Rekayasa	136
Lampiran 7 Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran.....	155
Lampiran 8 Kisi-kisi soal Kemampuan Rekayasa.....	162
Lampiran 9 Rekapitulasi validitas dan reabilitas soal Kemampuan rekayasa	169
Lampiran 10 Rekapitulasi Hasil uji coba soal kemampuan rekayasa	171
Lampiran 11 Dokumentasi Penelitian	172
Lampiran 12 Distribusi Nilai kemampuan rekayasa pada kompetensi 1	173
Lampiran 13 Hasil Penggerjaan LKS pada kompetensi 2	174
Lampiran 14 Distribusi Nilai LKS kemampuan rekayasa pada kompetensi 2	176
Lampiran 15 Rekapitulasi nilai kelompok pada kompetensi 1 dan kompetensi 2	177
Lampiran 16 Surat Keterangan Penelitian.....	178
Lampiran 17 Riwayat Hidup	179

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar S. (2017). *Pengolahan bahan ajar (4 Step Teaching Material Development)*. Bandung : Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia
- Arifin & Anwar S. (2015). Pengembangan Bahan Ajar IPA Terpadu. *Edusentris, Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, Vol. 2 No. 1, Maret 2015, ,
- Arifin & Anwar S. (2016). Pengembangan Bahan Ajar IPA Terpadu Tema Udara melalui Four Steps Teaching Material Development. p-ISSN: 1693-1246 e ISSN: 2355 3812 Januari 2016. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 12 (1) (2016) 8-18 DOI: 10.15294/jpfi.v12i1.4264
- Agustina, D.I., Kaniawati, I., Suwarma, I.R. (2017). Penerapan Pembelajaran Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering And Mathematics) Untuk Meningkatkan Kemampuan Control of Variable Siswa SMP Pada Hukum Pascal. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017 VOLUME VI e* ISSN: 24769398, <https://doi.org/10.21009/03.SNF2017>
- Asunda, P. A., & Hill, R. B. (2007). Critical features of engineering design in technology education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 44(1), 25–48. Retrieved from <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JITE/v44n1/pdf/asunda.pdf>
- Ardianto, D., Firman H., Permanasari A.(2018). What is Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) Literacy?. *3rd Asian Education Symposium (AES 2018) Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, volume 253
- Badan Pusat Statistik (2010) *Analisis Kemiskinan, Ketenagakerjaan dan Distribusi Pendapatan*” Jakarta : Badan Pusat Statistik
- Barret, B. S., Moran, A.L., & Woods, J.E. (2014) Engineering design in middle class. *International Journal of STEM Education*, 1(6), 5-6, (2014).
- Badan Nasional Standar Pendidikan. (2015). *Paradigma pendidikan nasional abad XXI. Badan Standar Nasional Pendidikan Versi 1.0.* Retrieved Desember 14, 20167, from <http://www.bsnp-indonesia.org/id/wpcontent/> Laporan BNSP2010.pdf.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

- Bybee, R. W. (2010). *K-12 engineering education standards: Opportunities and barriers.* In National Research Council (Ed.), Standards for K-12 engineering education? (pp. 55–66). Washington: The National Academies Press.
- Blustein & David, L. (2013) Examining Urban Students Constructions of a STEM/Career Development Intervention Over Time. *Journal of career development*, 40(1) 4067 DOI: 10.1177/0894845312441680
- Cunningham, C.M., & Lachapelle, C.P. (2014). Designing engineering experiences to engage all students. In S Purzer, J Strobel, & M Cardella (Eds.), *Engineering in English and King International Journal of STEM Education* (2015) 2:14 Page 16 of 18 (pp. 117–142). Lafayette, IN: Purdue University Press.
- Christine, S. & Randy, B. (2011). Engineering Design and Conceptual Change in Science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade, *International Journal of Science Education*, 33:13, 1861-1887, DOI:10.1080/09500693.2010.529177
- Diaz, D. & King, P. (2007). Adapting a post-secondary STEM instructional model to K-5 mathematics instruction. Honolulu, HI: *the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*. America
- Depdiknas. (2010). *Juknis Pengembangan Bahan Ajar SMA*. Jakarta : Depdiknas
- Emily, J. S., Kang, D.C., & McCarthy, M.J. (2018). Exploring Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge and Confidence in Implementing the NGSS Science and Engineering Practices, *Journal of Science Teacher Education*, 29:1, 9-29, DOI: 10.1080/1046560X.2017.1415616
- English, L. D. (2015). STEM: Challenges and Opportunities for Mathematics Education. In K. Beswick, T. Muir, & J. Wells (Eds.). *the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, 4–18). Hobart, Australia: PME.
- English, L.D. & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth grade students' investigations in aerospace. *English and King International Journal of STEM Education* (2015) 2:14 DOI 10.1186/s40594-015-0027-7
- Fauziah, U. (2016). *Pengembangan Bahan Ajar IP Terpadu Tema Cahaya Dan Warna Menggunakan 4 Step Materials Development (4S TMD) Untuk Pembelajaran Siswa*. (Tesis). Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia

- Firman H. (2015). Pendidikan Sains Berbasis STEM: Konsep, pengembangan dan peranan Riset Pascasarjana. *Seminar Nasional Pendidikan IPA dan PKLH*, Universitas Pakuan, 22 Agustus 2015
- Garriot, Patton, L., et all (2017). STEM Stereotypes and High School Students Math/Science Career Goals, *Journal of Career Assessment*, Vol. 25(4)585 600, DOI: 10.1177/1069072716665825
- Gustiani I., Widodo, A., Suwarma, I.R. (2017). Development and Validation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) based Instructional Material. *AIP Conference Proceedings* 1848, 060001 (2017); <https://doi.org/10.1063/1.4983969>
- Grubbs, M. & Strimel, G. (2015). Engineering Design: The Great Integrator, *Journal of STEM Teacher Education*: Vol. 50 : Iss. 1, Article 8 <https://ir.library.illinoisstate.edu/jste/vol50/iss1/8>
- Greg, P. (2017) National academies piece on integrated STEM, *The Journal of Educational Research*, 110:3,224-226, DOI:10.1080/00220671.2017.1289781
- Handiyanti, Y., Rustaman, N.Y., & Setiawan, W. (2008). Strategi Baru dalam Pengolahan Bahan Ajar Ilmu Pengetahuan Alam (Hasil Kajian Terhadap Teori Reduksi Didaktik dan Pedagogi Materi Subyek). *Edusains, Jurnal Pendidikan Sains*. Vol. 1(1): 26-38.
- Hake & Richard R. (1998). Interactive-Engagement versus traditional methods : A six thousand-student survey of mechanics test data fro introductory physics courses. *American journal of physics*. 66(1), 64=67
- Hasyim, A. (2015). Pengembangan bahan ajar IPA terpadu tema laut untuk siswa SMP Menggunakan 4 Step Materials Development (4S TMD). (Tesis). Sekolah Pascasarjana, UniversitasPendidikan Indonesia
- Holmes, M., Rulfs, J., & Orr, J. (2007). Curriculum development and integration for K-6 engineering education. *Paper presented at the 2007 ASEE Annual Conference and Exposition*. Hawaii.
- Hutchinson, T., & Torres, E. (1994). The Textbook as Agent of Change. *ELT Journal*, Vol. 48: 315323.).
- Hendria S. & Setiawan, W.(2016). Pengembangan Bahan Ajar Tema Gempa Bumi Menggunakan Four Step Teaching Materials Development.*Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 12 (1) (2016) 65-76 DOI: 10.15294/jpfi .v12i1.3782, p ISSN: 1693-1246 e-ISSN: 2355-3812 Januari 2016

- Hewitt, P.G. & Lyons. S. (2000). *Conceptual integrated science 2nd edition.* USA : Pearson
- Hendrawanto, Y & Mulyani M. (2017) Kelayakan Kebahasaan dan Isi Buku Teks Bahasa Indonesia Kelas XII Semester 1 SMA. *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia.* Volume 2 Nomor 2 September 2017. Page 58-62 p-ISSN: 2477 5932 e-ISSN: 2477-846X
- International Technology Education Association (ITEA). (2000). *Standards for technological literacy: content for the study of technology (1st ed.).* Reston, VA: ITEA.
- Iolanessa, L., Suwarma, I. R., & Jauhari, A. (2018) Study of Improving Students Problem Solving Skills in Stem Learning. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SINAFI)* 2018 143 ISBN: 978-602-74598-2-3
- Ing, M. (2013). Can Parents Influence Children's Mathematics Achievement and ; Persistence in STEM Careers?. *journal of career development.* 2014, vol. 41(2) 87-103. DOI: 10.117/0894845313481672
- Jingoo, K. & Tuula, K. (2017) The Effect Of Inquiry-Based Learning Experiences on Adolescents' Science-Related Career Aspiration in The Finnish Context, *International Journal of Science Education,* 39:12, 1669 1689, DOI: 10.1080/09500693.2017.1350790
- Jonathan, D. H., Cunningham, C. M., & Gregory J. K. (2017). The roles of engineering notebooks in shaping elementary engineering student discourse and practice, *International Journal of Science Education,* DOI: 10.1080/09500693.2017.1317864
- Krajcik, J., Codere, S., Dahsah, C., Bayer, R., & Mun, K. (2014). Planning instruction to meet the intent of the Next Generation Science Standards. *Journal of Science Teacher Education,* 25(2), 157–175. doi:10.1007/s10972-014-9383-2
- Kristin, L, David, S. & Nelson, T.H.(2017).Jumping on the STEM bandwagon: How middle grades students and teachers can benefit from STEM experiences, *Middle School Journal,* 48:3, 15-24, DOI: 10.1080/00940771.2017.1297663
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Journal Science Education International,* 25(3), 246–258.
- Kusuma, D., Adi, B.W., Sunarto (2018). Pengaruh Minat Baca, Motivasi Belajar dan Lingkungan Teman Sebaya terhadap Prestasi Belajar Mahasiswa Pendidikan Ekonomi Tahun Angkatan 2014-2016. BISE: *Jurnal Pendidikan Bisnis dan*

Ekonomi [https://jurnal.uns.ac.id/bisep-ISSN 2548-8961 | e-ISSN 2548-7175 | Volume 4 Nomor 1 \(2018\)](https://jurnal.uns.ac.id/bisep-ISSN 2548-8961 | e-ISSN 2548-7175 | Volume 4 Nomor 1 (2018))

- Kaniawati, D.S., Kaniawati, I., & Suwarma, I.R. (2016). Implementation of STEM Education in Learning Cycle 5E to Improve Concept Understanding On Direct Current Concept. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, volume 57 1st International Conference of Mathematics and Science Education (ICMSEd 2016)
- Lachapelle, C.P., & Cunningham, C.M. (2014). Engineering in elementary schools. In S Purzer, J Strobel, & M Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: research in synthesizing research, policy, and practices* (pp. 61–88). Lafayette, IN: Purdue University Press.
- Lacey, T. A., & Wright, B. (2009). Occupational employment projections to 2018. *Monthly Labor Review*, 132, 82–123.
- Ledward, B. C., & Hirata, D. (2011). *An overview of 21st century skills*. Summary of *21st Century Skills for Students and Teachers*, by Pacific Policy Research Center. Honolulu: Kamehameha Schools–Research & Evaluation.
- Lang, M. & Olson, J. (2000). Integrated science teaching as a challenge for teachers to develop new conceptual structures. *Journal of Science Education*, 30 (2): 213-224.
- Marlina L., Caska, & Mahdum (2017). Hubungan Minat Baca dan Motivasi Belajar dengan Hasil Belajar Ekonomi Siswa Kelas XI IPS SMAN 10 Pekanbaru. *Pekbis Jurnal*, Vol.9, No.1, Maret 2017 : 33- 47. Magister Pendidikan Ekonomi Universitas Riau
- Male, S. A., Bush, M. B., & Chapman, E. S. (2011). Understanding Generic Engineering Competencies, *Australasian Journal of Engineering Education*, 147-156
- Mayasari, T. (2016). Exploration Of Student's Creativity by Integrating STEM Knowledge Into Creative Products. *Proceedings of International Seminar on Mathematics, Science, and Computer Science Education (MSCEIS 2015)* AIP Conf. Proc. 1708, 080005-1–080005-5; doi: 10.1063/1.4941191
- Moore, T. J., Stohlmann, M.S., Wang, H., Tank, K.M., Glancy, A.W., & Roehrig, G.H. (2014b). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S Purzer, J Strobel, & M Cardella (Eds.), *Engineering in Pre-college settings: research into practice* (pp. 35–60). West Lafayette, Indiana: Purdue University Press.
- Moore, T. J., Glancy, A.W., Tank, K.M., Kersten, J.A., Smith, K.A., Karl, A., & Stohlmann, M. S. (2014a). A framework for quality K-12 engineering

- education: research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education*, 4(1), Article 2.<http://dx.doi.org/10.7771/21579288.1069>.
- Morgan, M. 2007. *Lost History*. Washington D.C. : National Geographic Society.
- Muqodas, R. Z., Sumardi, K., & Berman, E.T. (2015). Desain dan Pembuatan Bahan Ajar Berdasarkan Pendekatan Saintifik Pada Mata Pelajaran Sistem dan Instalasi Refrigerasi. *Journal of Mechanical Engineering Education*, Vol. 2, No. 1, Juni 2015
- Nababan,M.R.2007. Aspek Genetik, Objektif, dan Afektif Dalam Penelitian Penerjemahan. *Jurnal Lingustika*. Vol. 14, No. 26, Hal:15-23. (online). <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=16451&val=994>. Diakses 24 Juli 2019
- NAEP (National Assesment of educational progress) (2014). *Abridged technology and engineering literacy framework*. National Assessment Governing Board
- National Academy of Engineering and National Research Council (NAE and NRC). (2009a). *Engineering in K-12 education: understanding the status and Improving prospects*. Washington: National Academies Press.
- National Science Board. (2010). *Preparing the next generation of STEM innovators: Identifying and developing our nation's human capital*. Arlington, VA: Author.
- National Academy of Engineering & National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington: The National Academies Press
- National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press
- Niels & Bonderup, D. (2013): Situational Interest in Engineering Design Activities, *International Journal of Science Education*, DOI:10.1080/09500693.2012.757670
- Nuryanti, Alimah (2017). *Pembelajaran IPA Berbasis Inkuiiri dalam Praktik Sains dan Rekayasa pada Materi Gempa Bumi dan Gunung Api untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Rekayasa Siswa SMP*. (Tesis). Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia

- OECD. (2010). *PISA 2009 Results : what students know and can do. Student performance in reading, mathematics, and science (volume 1)*.Paris :OECD
- OECD. (2015). *Education in Indonesia: Rising too the Challenge*. Paris : OECD Publishing
- OECD.(2016). *PISA result in focus 2015*. Paris : OECD Publishing
- Puslitbang BMKG (2012). *Gempa bumi popular*. Jakarta : BMKG
- Partnership for 21st Century Skills (2009). *Professional development for the 21st century*. Retrieve May 2014 from http://www.p21.org/documents/P21_Framework.pdf
- Prastowo, A. (2010). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta : Diva Press
- Rankin, E. F. & Culhane, J.W. (1969). Comparable cloze and multiple choice comprehension test scores. *Journal of reading*. 13(3). 193-198
- Rahmah, N. (2013). Belajar Bermakna Al-Khwarizmi : *Jurnal pembelajaran*, Vol.I, Maret 2013.
- Ruchey, R. C., Klein, J.D. & Nelson, W.A.(2004). Developmental research : studies of instructiona; design and development.*handbook of research for educational; communications and technology*, 2, 1099-1130.
- Rustaman N.Y.(2016) Pemberdayaan Entrepreneurship: Implementasi Teori-U dalam Bioteknologi Praktis Berbasis STEM. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Entrepreneurship III* . Semarang, 20 Agustus 2016
- Rusnayati, H., Masripah, I., & Suwarma, I. R. (2018) Measuring for enhancing high school students' cooperative attitude and responsibilities in learning closed electrical circuits through STEM approach. *Journal of Physics: Conf. Series* 1013 (2018) 012054 doi :10.1088/1742 6596/1013/1/012054
- Rosnia, I., Suwarma, I. R., & Hikmat (2018) Menggali Engineering Design Behaviour (EDB) Siswa SMP dalam Membuat Solusi Krisis Energi dalam Pembelajaran STEM. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SINAFI)* 2018 97 ISBN: 978-602-74598-2-3
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Journal of Cognitive Science*,12: 257-285.
- Sembiring, I.(2017). *Pengembangan Bahan Ajar Terintegrasi STEM Pada Materi Pokok System Organisasi Kehidupan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Siswa SMP*. (Tesis) Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia

- Suwarma, I.R., Kaniawati, I., & Kaniawati, D.S. (2019). Engaging Students in STEM Based Learning Through Media and Technology . 7th Asian Physics Symposium IOP Conf. Series: *Journal of Physics*: Conf. Series 1204 (2019) 012054 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1204/1/012054
- Suryana, A., Sinaga, P., & Suwarma, I.R. (2018). Analysis of the ability of junior high school students' performance in science in STEM project-based learning. *Journal of Physics*: Conf. Series 1013 (2018) 012059 doi :10.1088/1742-6596/1013/1/012059
- Sejati, B.K., Firman, H., & Kaniawati, I. (2017). STEM-based workbook: Enhancing students' STEM competencies on lever system . *AIP Conference Proceedings* 1848, 060005 (2017); <https://doi.org/10.1063/1.4983973> Published Online: 30 May 2017
- Stohlmann, M., Moore, T.J., & Roehrig, G.H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM. *Journal of Pre-College Engineering Education Research* (J-PEER), 2(1), Article 4. <http://dx.doi.org/10.5703/1288284314653>.
- Savery, J. R.(2006). Overviewofproblem-basedlearning: Definitionsand distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9– 20.
- Slavin, R. E. (1992). *Research methods in education* (2 ed). USA : allyn and Bacon
- Treagust, D. F., Chittleborough, & Mamiala (2003), The Role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science education*, 25 (11): 1353-1368
- Tarigan, H.G. (2008). *Membaca Suatu Keterampilan Berbahasa*. Bandung Angkasa.
- Trilling, Bernie, & Fadel, C. (2009) *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*, John Wiley & Sons, 978-0-47-055362-6.
- Utami & Sintowati, R. (2017) Pembelajaran Aspek Tata Bahasa dalam Buku Pelajaran Bahasa Indonesia. AKSIS: *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, Volume 1 Nomor 2, Desember2017 e-ISSN: 2580-9040 e-Journal: <http://doi.org/10.21009/AKSIS>
- Vivien, M., Chabalengula, & Frackson, M. (2017): Engineering design skills coverage in K-12 engineering program curriculum materials in the USA, *International Journal of Science Education*, DOI: 10.1080/09500693.2017.1367862
- Woollacott, L. C. (2009) Validating the CDIO syllabus for engineering education using the taxonomy of engineering competencies, *European Journal of Engineering Education*, 34:6, 545-559, DOI: 10.1080/03043790903154465

Wijayanti, W., Zulaeha, I., & Rustono (2015). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif Kompetensi Memproduksi Teks Prosedur Kompleksyang Bermuatan Kesantunan Bagi Peserta Didik Kelas X SMA/MA. Seloka: *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia* SELOKA 4 (2) (2015) ISSN 2301-6744

Will, T., Reginald, L., Kathryn, M. B., & Hanson, M. A. (2007). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Pathways: High School Science and Math Coursework and Postsecondary Degree Attainment, *Journal of Education for Students Placed at Risk* (JESPAR), 12:3, 243-270, DOI: 10.1080/10824660701601266

