



**EFEKTIVITAS MODEL PBL BERBANTUAN SIMULASI PhET PADA
POKOK BAHASAN ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN MULTIREPRESENTASI
SISWA SMA**

SKRIPSI

Oleh :

Dina Rizqi Hadiyanti

NIM. 140210102053

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**EFEKTIVITAS MODEL PBL BERBANTUAN SIMULASI PhET PADA
POKOK BAHASAN ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN MULTIREPRESENTASI
SISWA SMA**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program studi (S1) pada
Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan MIPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Oleh :

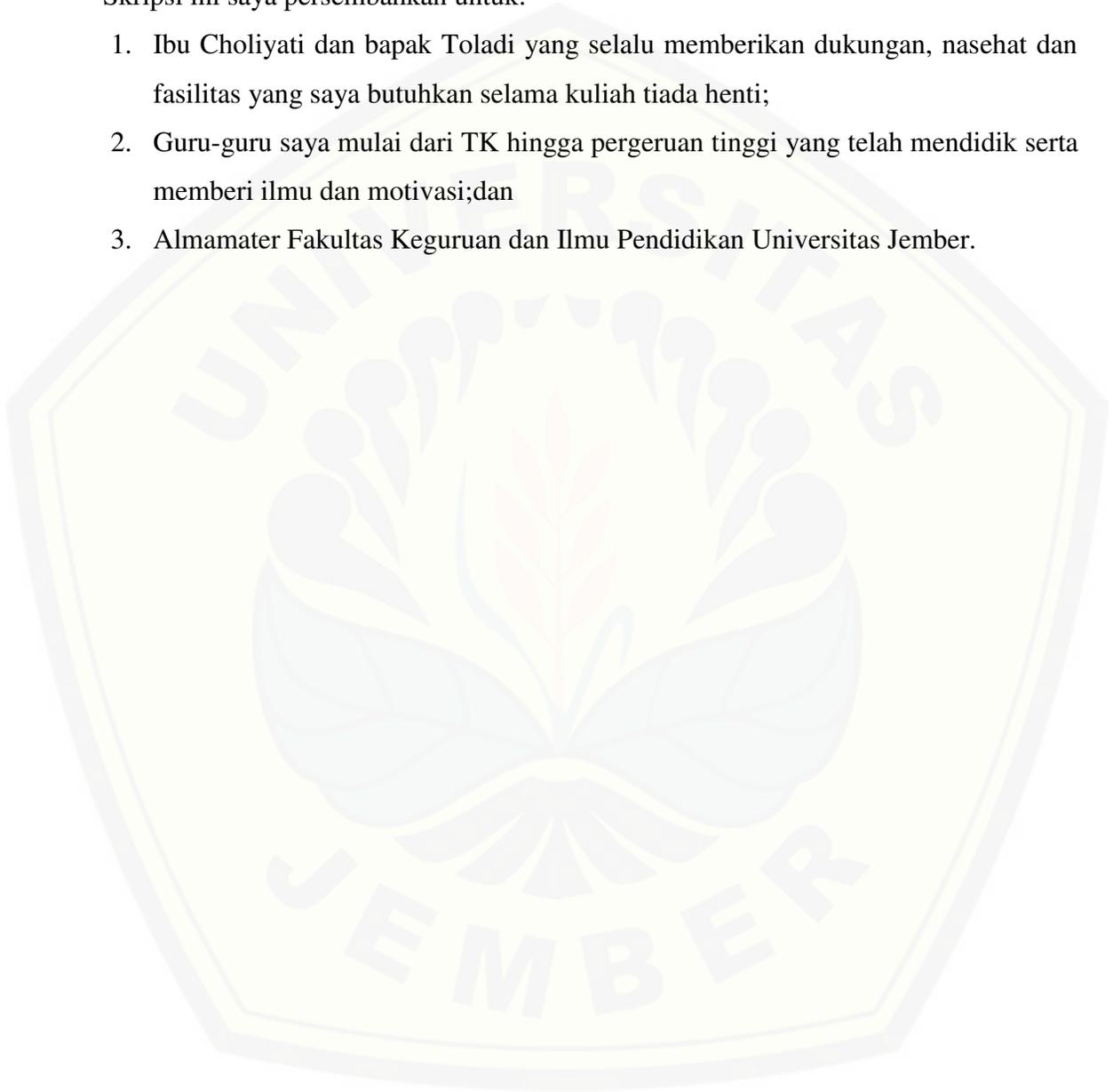
Dina Rizqi Hadiyanti
NIM. 140210102053

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibu Choliyati dan bapak Toladi yang selalu memberikan dukungan, nasehat dan fasilitas yang saya butuhkan selama kuliah tiada henti;
2. Guru-guru saya mulai dari TK hingga pergeruan tinggi yang telah mendidik serta memberi ilmu dan motivasi; dan
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

(Terjemahan Q.S Al Insyirah:5-6)



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dina Rizqi Hadiyanti

NIM : 140210102053

Menyatakan bahwa sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Efektivitas Model PBL Berbantuan Simulasi PhET pada pokok bahasan Elastisitas dan Hukum Hooke untuk meningkatkan Kemampuan Multirepresentasi Siswa SMA” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 November 2018

Yang menyatakan,

Dina Rizqi Hadiyanti

NIM 140210102053

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS MODEL PBL BERBANTUAN SIMULASI PhET PADA
POKOK BAHASAN ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN MULTIREPRESENTASI
SISWA SMA**

Oleh :

Dina Rizqi Hadiyanti
NIM. 140210102053

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sri Astutik, M. Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Efektivitas Model PBL Berbantuan Simulasi PhET pada pokok bahasan Elastisitas dan Hukum Hooke untuk meningkatkan Kemampuan Multirepresentasi Siswa SMA” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember Pada:

hari,tanggal : Kamis, 22 November 2018

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si.
NIP: 19650713 199003 1 002

Dr. Sri Astutik, M.Si
NIP: 19670610 199203 2 002

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Sudarti, M.Kes.
NIP. 19620123 198802 2 001

Drs. Subiki, M.Kes
NIP. 19630725 199402 1 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D
NIP. 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Efektivitas Model PBL Berbantuan Simulasi PhET Pada Pokok Bahasan Elastisitas Dan Hukum Hooke Untuk Meningkatkan Kemampuan Multirepresentasi Siswa SMA; Dina Rizqi Hadiyanti; 140210102053; 58 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Dalam konsep fisika ada sejumlah besaran menuntut terepresentasikan selain besar atau nilainya, juga arah seperti pada konsep elastisitas dan hukum Hooke. Kemampuan representasi ini sangatlah berperan dalam proses pembelajaran. Kemampuan multirepresentasi yang terdiri dari representasi verbal, matematik, grafik, dan gambar dapat mewakili hasil belajar siswa secara keseluruhan, baik pada proses maupun produk. Namun, rendahnya hasil belajar fisika di lapangan menjadi masalah utama dalam pembelajaran fisika yang masih banyak ditemui. Salah satu kecenderungan yang sering dilakukan adalah melupakan hakikat pembelajaran yang sesungguhnya di mana seharusnya pembelajaran lebih berpusat pada siswa, dan bukan pada guru. Oleh karena itu, diperlukan suatu model pembelajaran yang mampu memunculkan keterlibatan seluruh siswa secara aktif dalam pembelajaran yang meliputi kemampuan berfikir verbal, matematik, grafik, dan gambar (kemampuan representasi) tanpa mengesampingkan hakikat belajar fisika (proses dan produk). Salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan adalah model pembelajaran PBL (*Problem Based Learning*) berbantuan simulasi PhET.

Tujuan dalam penelitian ini yaitu: (1) Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi verbal siswa SMA, (2) Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi gambar siswa SMA. (3) Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa SMA. (4) Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi grafis siswa SMA.

Jenis Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Subjek Penelitian dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIPA 3 di SMAN Pakusari pada tahun ajaran 2018/2019. Tempat penelitian ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode tes dan dokumentasi. Instrumen tes yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa tes dalam bentuk uraian yang akan diberikan melalui pretest (sebelum pembelajaran) dan posttest (setelah pembelajaran) di setiap pertemuan. Jumlah soal tiap instrumen adalah 2 butir soal yang mengandung kemampuan multirepresentasi siswa (Representasi verbal, gambar, matematik dan grafik. Data hasil penelitian kemudian dianalisis menggunakan analisis N-Gain yang selanjutnya data hasil analisis di cocokkan dengan kriteria efektivitas pembelajaran.

Berdasarkan data hasil penelitian pada kemampuan representasi verbal diketahui terdapat peningkatan rerata N-Gain sebesar 20%. Sebanyak 83% dari jumlah total siswa memperoleh nilai ≥ 60 . Pada kemampuan representasi gambar, peningkatan rerata N-Gain sebesar 33%. Sebanyak 94,2% dari jumlah total siswa memperoleh nilai ≥ 60 . Pada kemampuan representasi matematik, peningkatan rerata N-Gain sebesar 16%. Sebanyak 100% dari jumlah total 34 siswa memperoleh nilai ≥ 60 . Pada kemampuan representasi grafik, peningkatan rerata N-Gain sebesar 26%. Sebanyak 91,2% dari jumlah total 34 siswa memperoleh nilai ≥ 60 .

Berdasarkan hasil dan analisis data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa a) Model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi verbal siswa SMA; b) Model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi gambar siswa SMA; c) Model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi matematik siswa SMA; d) Model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi grafik siswa SMA.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ” Efektivitas Model PBL Berbantuan Simulasi PhET Pada Pokok Bahasan Elastisitas Dan Hukum Hooke Untuk Meningkatkan Kemampuan Multirepresentasi Siswa SMA)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

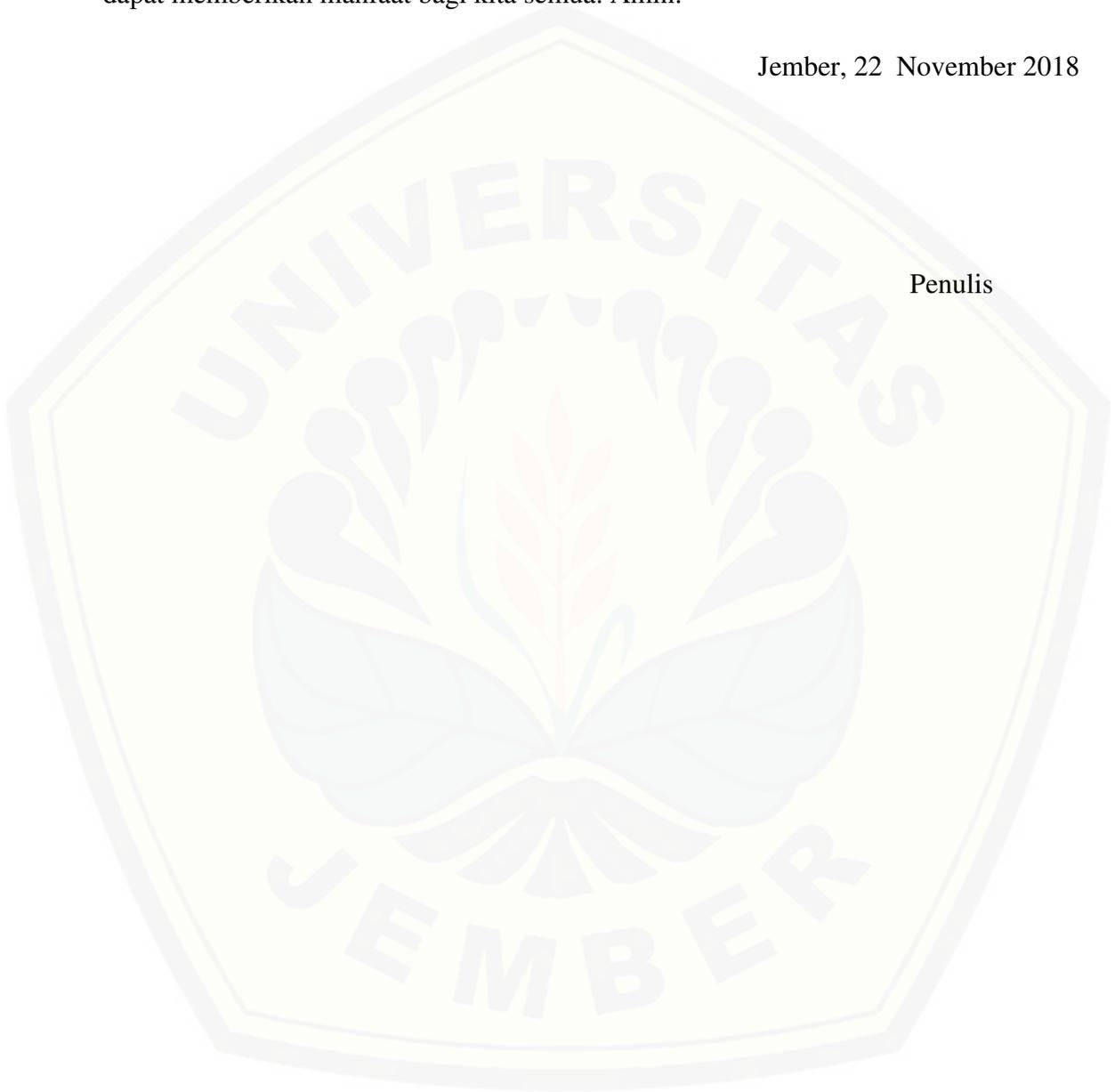
Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah menerbitkan surat permohonan izin penelitian;
2. Bapak Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Dr. Sri Astutik, M. Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam bimbingan dan pengarahan sejak awal hingga selesainya penulisan skripsi ini;
3. Ibu Dr. Sudarti, M.Kes selaku Penguji Utama dan Bapak Drs. Subiki, M.Kes selaku Penguji Anggota yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk menguji dan memberikan kritik serta saran positif sebagai bentuk perbaikan;
4. Bapak Ahmad Rosidi, S.Pd, M.Pd selaku Kepala sekolah SMAN Pakusari yang telah memberikan izin penelitian.
5. Bapak Akhmad Fauzul Albab, M.Pd selaku guru bidang studi fisika kelas XI SMAN Pakusari yang telah memfasilitasi selama penelitian;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kebersamaan selama ini;

Penulis juga menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Jember, 22 November 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pembelajaran Fisika	6
2.2 Efektivitas Model PBL berbantuan Simulasi PhET.....	7
2.3 Kemampuan Multirepresentasi	10
2.4 Elastisitas dan Hukum Hooke.....	12
BAB 3. METODE PENELITIAN	21
3.1 Jenis Penelitian.....	21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.3 Subjek Penelitian	22
3.4 Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	22

3.5 Prosedur Penelitian	23
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	25
3.7 Instrumen Penelitian	26
3.8 Teknik Analisis Data.....	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Pelaksanaan Penelitian.....	28
4.2 Hasil Analisis Data	28
4.3 Pembahasan.....	43
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	59
A. Matriks.....	59
B. Silabus.....	62
C. RPP	66
C1. RPP 1.....	66
C2. RPP 2.....	71
C3. RPP 3.....	77
C4. RPP 4.....	83
D. LKS.....	89
D1. LKS 1.....	89
D2. LKS 2.....	93
D3. LKS 3.....	97
D4. LKS 4.....	102
E. Soal <i>Pretest-Posttest</i>	107
E1. Soal <i>Pretest</i> 1.....	107
E2. Soal <i>Pretest</i> 2.....	108
E3. Soal <i>Pretest</i> 3.....	109

E4. Soal <i>Pretest</i> 4.....	110
E5. Soal <i>Posttest</i> 1.....	111
E6. Soal <i>Posttest</i> 2.....	112
E7. Soal <i>Posttest</i> 3.....	113
E8. Soal <i>Posttest</i> 4.....	114
F. Kisi- Kisi Soal <i>Pretest-Posttest</i>	115
F1. Kisi- Kisi Soal <i>Pretest</i> 1.....	116
F2. Kisi- Kisi Soal <i>Pretest</i> 2.....	118
F3. Kisi- Kisi Soal <i>Pretest</i> 3.....	121
F4. Kisi- Kisi Soal <i>Pretest</i> 4.....	126
F5. Kisi- Kisi Soal <i>Posttest</i> 1.....	129
F6. Kisi- Kisi Soal <i>Posttest</i> 2.....	132
F7. Kisi- Kisi Soal <i>posttest</i> 3.....	134
F8. Kisi- Kisi Soal <i>posttest</i> 4.....	136
G. Analisis Peningkatan Kemampuan Multirepresentasi Siswa.....	139
H. Dokumentasi Penelitian.....	147
I. Surat Ijin Penelitian.....	151
J. Surat Penelitian.....	152
K. Bukti Pengerjaan Tes.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aktivitas Guru dan siswa dalam KBM menggunakan model PBL berbantuan Simulasi PhET.....	8
Tabel 2.2 Modulus Elastik.....	15
Tabel 2.3 Tegangan berbagai macam bahan.....	16
Tabel 3.1 Kriteria peningkatan kemampuan multirepresentasi.....	27
Tabel 4.1 Kemampuan Representasi Verbal Pertemuan I.....	29
Tabel 4.2 Kemampuan Representasi Verbal Pertemuan II.....	29
Tabel 4.3 Kemampuan Representasi Verbal Pertemuan III.....	30
Tabel 4.4 Kemampuan Representasi Verbal Pertemuan IV.....	30
Tabel 4.5 Data Kemampuan Representasi Verbal.....	31
Tabel 4.6 Kemampuan Representasi Gambar Pertemuan I.....	33
Tabel 4.7 Kemampuan Representasi Gambar Pertemuan II.....	33
Tabel 4.8 Kemampuan Representasi Gambar Pertemuan III.....	33
Tabel 4.9 Kemampuan Representasi Gambar Pertemuan IV.....	34
Tabel 4.10 Data Kemampuan Representasi Gambar.....	34
Tabel 4.11 Kemampuan Representasi Matematik Pertemuan I.....	36
Tabel 4.12 Kemampuan Representasi Matematik Pertemuan II.....	36
Tabel 4.13 Kemampuan Representasi Matematik Pertemuan III.....	37
Tabel 4.14 Kemampuan Representasi Matematis Pertemuan IV.....	37
Tabel 4.15 Data Kemampuan Representasi Matematik.....	38
Tabel 4.16 Kemampuan Representasi Grafik Pertemuan I.....	39
Tabel 4.17 Kemampuan Representasi Grafik Pertemuan II.....	40
Tabel 4.18 Kemampuan Representasi Grafik Pertemuan III.....	40
Tabel 4.19 Kemampuan Representasi Grafik Pertemuan IV.....	41
Tabel 4.20 Data Kemampuan Representasi Grafik.....	41
Tabel 4.21 Data ketuntasan hasil belajar pada indikator kemampuan representasi verbal.....	44

Tabel 4.22	Kriteria Efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan Representasi Verbal.....	45
Tabel 4.23	Data ketuntasan hasil belajar pada indikator kemampuan representasi Gambar.....	47
Tabel 4.24	Kriteria Efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan Representasi Gambar.....	48
Tabel 4.25	Data ketuntasan hasil belajar pada indikator kemampuan representasi Matematik.....	50
Tabel 4.26	Kriteria Efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan Representasi matematik.....	51
Tabel 4.27	Data ketuntasan hasil belajar pada indikator kemampuan representasi Gambar.....	52
Tabel 4.28	Kriteria Efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan Representasi Grafik.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jembatan Nasional Suromadu dengan bahan kabel penahan dengan elastisitas besar.....	12
Gambar 2.2 Hukum Hooke: ΔL sebanding dengan gaya yang diberikan.....	12
Gambar 2.3 Pertambahan panjang karena luas penampang batang (A).....	13
Gambar 2.4 Tegangan tarik, tekan dan geser.....	14
Gambar 2.5 Gaya yang diberikan terhadap pertambahan panjang untuk logam biasa.....	18
Gambar 2.6 Susunan Pegas Seri.....	19
Gambar 2.7 Susunan Pegas Paralel.....	20
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian.....	25
Gambar 4.1 Grafik N-Gain Representasi Verbal.....	32
Gambar 4.2 Grafik N-Gain Representasi Gambar.....	35
Gambar 4.3 Grafik N-Gain Representasi Matematik.....	39
Gambar 4.4 Grafik N-Gain Representasi Grafik.....	42

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika adalah ilmu yang mempelajari tentang perubahan di alam (Arkudanto, 2007:3). Fisika merupakan ilmu yang bersifat empiris, artinya setiap hal yang dipelajari dalam fisika di dasarkan pada hasil pengamatan tentang alam dan gejala-gejalanya. Fisika merupakan ilmu yang lahir dan berkembang melalui langkah-langkah observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis melalui eksperimen, penarikan kesimpulan dan penemuan teori konsep (Trianto, 2011:63).

Menurut Trianto (2010:137-138) pembelajaran fisika pada hakikatnya terdiri atas produk, proses dan sikap. Fisika sebagai produk menunjukkan hasil kumpulan pengetahuan berupa fakta, hukum, konsep dan teori. Fisika sebagai proses menunjukkan bagaimana kumpulan pengetahuan diperoleh, baik melalui pengamatan maupun penyelidikan, sedangkan fisika sebagai sikap menunjukkan bahwa dalam mempelajari fisika perlu didasari sikap ilmiah.

Mata Pelajaran fisika merupakan salah satu mata pelajaran wajib yang harus diberikan kepada siswa untuk tingkat SMP/ sederajat dan SMA/ sederajat. Mata pelajaran fisika merupakan wahana untuk menumbuhkan kemampuan berpikir dan memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari (Setyorini, 2011). Mempelajari fisika berarti melatih siswa memahami konsep fisika, memecahkan serta menemukan mengapa dan bagaimana peristiwa itu terjadi dan siswa lebih mudah menerapkan masalah fisika dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam konsep fisika ada sejumlah besaran menuntut terepresentasikan selain besar atau nilainya, juga arah seperti pada konsep elastisitas dan hukum Hooke. kemampuan representasi ini sangatlah berperan dalam proses pembelajaran, misalnya pada materi elastisitas benda khususnya hukum Hooke yang menuntut siswa mampu menganalisis dan menggambar kan arah-arah gaya pada suatu sistem.

Misalnya, siswa diminta untuk menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada keadaan suatu pegas yang diberi beban ternyata tidak semua siswa

mengerti apa yang mereka gambarkan dan mereka belum mampu menguraikan gaya-gaya apa saja yang bekerja pada sistem tersebut. Sedangkan pengertian representasi menurut Sabirin (2014:33) adalah bentuk interpretasi pemikiran siswa terhadap suatu masalah, yang digunakan sebagai alat bantu untuk menemukan solusi dari masalah tersebut.

Representasi dalam pembelajaran fisika dapat digunakan untuk meminimalisir kesulitan siswa dalam belajar fisika. Hal ini sejalan dengan penjelasan Kartini (2009) bahwa proses pemecahan masalah yang sukses bergantung kepada keterampilan merepresentasi masalah seperti mengonstruksi dan menggunakan representasi matematik di dalam kata-kata, grafik, tabel, persamaan-persamaan, penyelesaian dan manipulasi simbol. Namun, dalam praktiknya menurut Monika (2013) guru masih jarang menggunakan grafik, gambar ataupun diagram sebagai bentuk representasi lain dari sebuah konsep, guru cenderung lebih menggunakan penjelasan verbal, serta siswa tidak ditantang untuk menjelaskan konsep fisika yang sama dengan menggunakan representasi lain.

Padahal konsep fisika banyak yang bersifat abstrak dan membutuhkan berbagai representasi agar dapat dikomunikasikan secara lebih efektif seperti melalui grafik atau gambar. Adapun beberapa format representasi yang dapat dimunculkan dalam fisika. Format-format tersebut antara lain: deskripsi verbal, matematik dan grafik (Waldrip *et al*, 2006). Beberapa format representasi tersebut kemudian disebut dengan multirepresentasi.

Kemampuan multirepresentasi yang terdiri dari representasi verbal, matematik, grafik, dan gambar dapat mewakili hasil belajar siswa dalam ranah kognitif produk. Pada kenyataannya, Masalah utama dalam pembelajaran fisika yang masih banyak ditemui adalah tentang rendahnya hasil belajar siswa. Rusman (2013:229) mengemukakan, salah satu kecenderungan yang sering dilakukan adalah melupakan hakikat pembelajaran yang sesungguhnya di mana seharusnya pembelajaran lebih berpusat pada siswa, dan bukan pada guru. Oleh karena itu, diperlukan suatu model pembelajaran yang mampu memunculkan keterlibatan

seluruh siswa secara aktif dalam pembelajaran yang meliputi kemampuan berfikir verbal, matematik, grafik, dan gambar (kemampuan representasi) serta mampu memunculkan rasa ingin tahu dalam menyelesaikan permasalahan fisika yang relevan dengan kehidupan sehari-hari tanpa mengesampingkan hakikat belajar fisika (proses dan produk). Salah satu model pembelajaran yang sesuai dalam menyelesaikan permasalahan tersebut adalah model PBL (*Problem Based Learning*).

Menurut Bungel (2014:47) PBL adalah desain kurikulum yang diidentifikasi siswa tidak sebagai penerima pasif pengetahuan tetapi sebagai pemecah masalah yang bisa mengembangkan pengetahuan. Model PBL merupakan model pembelajaran yang dirancang agar siswa mendapat pengetahuan penting, membuat mereka mahir dalam memecahkan masalah, dan memiliki strategi belajar sendiri serta memiliki kecakapan berpartisipasi dalam tim. Proses pembelajarannya menggunakan pendekatan yang sistemik untuk memecahkan masalah atau menghadapi tantangan yang nanti diperlukan dalam karier dan kehidupan sehari-hari (Amir, 2009). Pada model pembelajaran ini, digunakan pendekatan multirepresentatif (verbal, gambar dan matematis) selama pembelajaran dan soal multirepresentatif untuk memberikan kontribusi terhadap perkembangan kemampuan siswa dan pemahaman konsep fisika siswa (Sari, 2015:46).

Pelaksanaan model PBL di dalam kelas tidak selalu mudah. Karena PBL memiliki beberapa kelemahan, salah satunya adalah persiapan media pembelajaran yang kompleks (Trianto, 2009:96-97). Oleh karena itu, peneliti mencoba menggunakan bantuan media pembelajaran berbentuk simulasi pada software komputer yakni media simulasi PhET. Media simulasi PhET merupakan media simulasi interaktif yang mengajak siswa untuk belajar simulasi interaktif berbasis penemuan dan digunakan untuk memperjelas konsep-konsep fisis (Krisdiana, 2015). Media simulasi PhET menekankan hubungan antara fenomena kehidupan nyata dengan ilmu yang mendasari, mendukung pendekatan interaktif dan konstruktivistik, memberikan umpan balik, dan menyediakan tempat kerja.

Kelebihan dari simulasi PhET yakni dapat melakukan percobaan secara ideal, yang tidak dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang sesungguhnya. Untuk membantu siswa memahami konsep visual, simulasi PhET menganimasikan besaran-besaran fisika dengan menggunakan gambar dan kontrol intuitif seperti klik dan tarik pada mouse, penggaris dan tombol. Simulasi juga menyediakan instrumen pengukuran seperti penggaris, stopwatch, voltmeter dan termometer untuk mendorong adanya eksplorasi kuantitatif. Pada saat alat-alat ukur digunakan secara interaktif, hasil pengukuran akan langsung ditampilkan atau dianimasikan. Hal ini secara efektif akan menggambarkan hubungan sebab akibat dan merepresentasikan parameter percobaan. Media simulasi PhET layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika untuk menunjang ketercapaian tujuan pembelajaran (Fatik, 2012: 5).

Gagasan di atas didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wati *et al*(2016:125) yang menunjukkan bahwa penggunaan media simulasi PhET terhadap hasil belajar siswa dan kemampuan representasi visual berpengaruh secara signifikan. penelitian ini juga di dukung oleh Farhan, Muhamad., dan Retnawati, Heri., (2014: 239) bahwa model PBL efektif untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa. Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai **“Efektivitas Model PBL berbantuan Simulasi PhET pada Pokok Bahasan Elastisitas dan Hukum Hooke untuk meningkatkan Kemampuan Multirepresentasi Siswa SMA”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimanakah efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi verbal siswa SMA?
- b. Bagaimanakah efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi gambar siswa SMA?

- c. Bagaimanakah efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa SMA?
- d. Bagaimanakah efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi grafis siswa SMA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi verbal siswa SMA.
- b. Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi gambar siswa SMA.
- c. Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa SMA.
- d. Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan representasi grafis siswa SMA.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

- a. Bagi siswa, penelitian ini dapat memberikan masukan untuk mengatasi kesulitan siswa dalam belajar fisika sehingga dapat meningkatkan kemampuan multirepresentasi siswa dan hasil belajar siswa.
- b. Bagi guru, penelitian ini dapat memperluas pengetahuan dan wawasan tentang penggunaan model pembelajaran berbantuan simulasi PhET.
- c. Bagi peneliti, penelitian ini dapat memberikan pengetahuan dan pengalaman langsung dalam menggunakan model pembelajaran berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan kemampuan multirepresentasi siswa dalam belajar fisika.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran Fisika

Menurut Wisudawati *et al* (2014:26), pembelajaran adalah interaksi antara komponen-komponen pembelajaran pada proses pembelajaran untuk mencapai tujuan yang telah diterapkan. Hakikat pembelajaran menurut Rusman (2012:134) adalah suatu proses interaksi antara guru dengan siswa, baik interaksi secara langsung seperti kegiatan tatap muka maupun secara tidak langsung, yaitu dengan menggunakan berbagai media pembelajaran. Pembelajaran pada dasarnya merupakan upaya untuk mengarahkan anak didik ke dalam proses belajar sehingga mereka dapat memperoleh tujuan belajar sesuai dengan apa yang diharapkan (Mulyono, 2012:5).

Bektiarso (2002:12) menyatakan bahwa fisika merupakan disiplin ilmu yang mempelajari tentang gejala alam dan menerangkan bagaimana gejala tersebut terjadi. Fisika sebagai bagian dari sains memiliki dua aspek penting yaitu proses dan produk. Jadi fisika merupakan ilmu pengetahuan yang berusaha menguraikan serta menjelaskan hukum-hukum alam dan ilmu yang mempelajari mengenai fenomena alam melalui suatu pengalaman yang diberikan lewat suatu masalah yang harus dicari penyelesaiannya.

Menurut Trianto (2007:100) Fisika merupakan pengetahuan yang sistematis dan tersusun secara teratur, berlaku umum (universal), dan berupa kumpulan data hasil observasi dan eksperimen. Pada dasarnya fisika merupakan abstraksi terhadap sifat alam dalam bentuk konsep yang merupakan hampiran dalam realita. Sifat khusus fisika dibandingkan dengan cabang ilmu yang lain adalah sifat fisika yang cenderung kuantitatif yaitu menggunakan konsep-konsep dari hubungan antara konsep yang banyak menggunakan matematik.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pembelajaran fisika merupakan suatu proses belajar mengajar yang dilakukan oleh siswa dengan guru untuk mempelajari gejala alam yang didasarkan pada hasil pengamatan dan disertai aktivitas pemecahan masalah baik secara kualitatif maupun kuantitatif

untuk meningkatkan kemampuan kognitif, afektif dan psikomotor melalui proses belajar mengajar untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

2.2 Efektivitas Model PBL berbantuan Simulasi PhET

2.6.1 Efektivitas

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Efektivitas berasal dari kata “efektif” berarti ada efeknya, manjur, mujarab, mapan. Efektivitas berasal dari bahasa Inggris yaitu *Effective* yang berarti berhasil, tepat atau manjur. Efektivitas menunjukkan taraf tercapainya suatu tujuan, suatu usaha dikatakan efektif jika usaha itu mencapai tujuannya secara ideal Efektivitas dapat dikatakan dengan ukuran-ukuran yang pasti misalnya usaha X adalah 60% efektif dalam mencapai tujuan Y (Djaka, 2011:45).

Efektivitas secara umum menunjukkan sampai seberapa jauh tercapainya suatu tujuan yang terlebih dahulu ditentukan. Hal tersebut sesuai dengan pengertian efektivitas menurut Moore D.Kenneth Dalam Moh Syarif (2015:1) efektivitas suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh target (kuantitas, kualitas dan waktu) telah tercapai, atau makin besar presentase target yang dicapai, makin tinggi efektivitasnya. Efektivitas metode pembelajaran merupakan suatu ukuran yang berhubungan dengan tingkat keberhasilan dari suatu proses pembelajaran. Kriteria keefektifan dalam penelitian ini mengacu pada:

- a. Pembelajaran fisika menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET efektif meningkatkan kemampuan multirepresentasi siswa apabila nilai gain ternormalisasi hasil belajar siswa menunjukkan suatu peningkatan.
- b. Pembelajaran fisika menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET efektif meningkatkan kemampuan multirepresentasi siswa dilihat dari ketuntasan belajar, pembelajaran dapat dikatakan tuntas apabila sekurang-kurangnya 75% dari jumlah siswa yang telah belajar dapat memperoleh nilai ≥ 60 .

c. Pembelajaran fisika menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET efektif meningkatkan kemampuan multirepresentasi siswa dilihat dari indikator peningkatan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran (Rahayu,dkk., 2015).

2.6.2 Model PBL berbantuan Simulasi PhET

Implementasi model PBL berbantuan simulasi PhET merupakan pembelajaran yang dilakukan dengan membagi siswa secara heterogen menjadi kelompok kecil beranggotakan 4-5 siswa yang menekankan pada penyelesaian suatu masalah terkait dengan materi yang akan dipelajari secara ilmiah dengan bantuan media simulasi PhET. Dengan demikian siswa mampu memahami materi yang disampaikan dalam pemahaman konsep (representasi verbal), pemahaman gambar (representasi gambar), membuat dan membaca grafik (representasi grafik) serta penyelesaian masalah matematik (representasi matematik).

Melalui implementasi model PBL berbantuan simulasi PhET diharapkan dapat meningkatkan kemampuan multirepresentasi siswa. implementasi model PBL berbantuan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika diuraikan pada tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Aktivitas Guru dan siswa dalam KBM menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET.

No.	Langkah-langkah	Aktivitas Guru	Aktivitas Siswa
1.	Kegiatan Awal	Guru mengawali kegiatan dengan mengucapkan salam, berdoa dan mengecek kehadiran siswa.	Siswa menjawab salam, berdoa bersama menurut keyakinan dan memberikan informasi jika ada siswa yang tidak masuk.
		Guru melakukan apersepsi dan tanya jawab.	Siswa menjawab pertanyaan dari guru.
		Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.	Siswa mendengarkan penjelasan dari guru.
2.	Kegiatan Inti	Guru memberikan permasalahan kepada siswa berkaitan dengan materi momentum dan impuls	Siswa menyimak penjelasan yang disampaikan oleh guru berkaitan dengan permasalahan yang diberikan
			a. Langkah Orientasi siswa pada masalah
	b. Langkah	Guru membentuk siswa	Siswa duduk dengan

pengorganisasian siswa untuk belajar	menjadi 8 kelompok. Setiap kelompok terdiri dari 4-5 siswa.	kelompok yang telah ditentukan.
c. Langkah penyelidikan secara individu ataupun kelompok	Guru membagikan LKS kepada setiap kelompok Guru meminta siswa dan kelompoknya untuk berdiskusi dalam penyelesaian masalah yang ada di dalam LKS.	Setiap kelompok menerima LKS yang diberikan guru. Siswa dan kelompoknya berdiskusi mengerjakan LKS.
d. Langkah mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Guru membimbing siswa dalam menggunakan media simulasi PhET untuk menyelesaikan masalah yang terdapat di LKS. Guru membolehkan siswa mencari solusi dari buku, internet maupun sumber lain terkait dengan mengidentifikasi masalah yang diberikan guru. Guru membimbing siswa dalam membuat lembar pelaporan terkait dengan solusi yang ditemukan untuk mengatasi masalah yang ada.	Siswa bersama kelompoknya memperhatikan penjelasan dari guru terkait tentang penggunaan media simulasi PhET. Bersama kelompok, siswa mengidentifikasi masalah yang ada pada LKS untuk mencari solusinya melalui mediasimulasi PhET. Siswa mendengarkan dan memperhatikan arahan guru dalam penyusunan hasil karya berupa laporan hasil diskusi.
e. Langkah menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru meminta perwakilan dari setiap kelompok bergantian untuk mempresentasikan hasil karyanya dan siswa dari kelompok lain menanggapi dan mengajukan pertanyaan. Guru menganalisis hasil diskusi kelompok dengan meluruskan jawaban siswa. Guru bersama siswa menyimpulkan materi yang telah dipelajari dan siswa diperkenankan untuk mengajukan pertanyaan jika belum	Siswa dari perwakilan setiap kelompok bergantian mempresentasikan hasil karyanya dan siswa dari kelompok lain menanggapi dan mengajukan pertanyaan. Siswa mendengarkan penjelasan dari guru. Siswa menyimpulkan materi dan diperbolehkan bertanya mengenai materi yang belum dipahami.

		mengerti.	
3.		Guru memberikan evaluasi pembelajaran dengan memberikan tes tulis dan dikerjakan secara individu untuk mengetahui hasil belajar siswa.	Siswa mengerjakan tes hasil belajar
	Kegiatan Akhir	Guru memberikan pesan sebelum pembelajaran diakhiri, mengajak siswa berdoa bersama dan mengucap salam.	Siswa mendengarkan pesan yang disampaikan oleh guru, berdoa bersama dan menjawab salam.

2.3 Kemampuan Multirepresentasi

Multirepresentasi adalah perpaduan format-format representasi yaitu format verbal, matematik, gambar dan grafik (Mahardika, 2012: 47). Sabirin (2014:33) menyatakan bahwa representasi adalah bentuk interpretasi pemikiran siswa terhadap suatu masalah, yang digunakan sebagai alat bantu untuk menemukan solusi dari masalah tersebut. Adapun beberapa format representasi yang dapat dimunculkan dalam fisika. Format-format tersebut antara lain: deskripsi verbal, matematik dan grafik (waldrip et al, 2006). Menurut Mahardika (2012:47), dalam fisika banyak tipe representasi yang dapat dimunculkan. Tipe-tipe tersebut antara lain:

a. Representasi Verbal

Deskripsi verbal merupakan penjelasan yang berupa teks dari suatu konsep. Untuk memberikan definisi dari suatu konsep, verbal adalah satu cara yang tepat untuk digunakan.

b. Representasi Matematik

Representasi ini untuk menyelesaikan persoalan kuantitatif, representasi matematik sangat diperlukan. Namun penggunaan representasi kuantitatif ini akan banyak ditentukan keberhasilannya oleh penggunaan representasi kualitatif secara baik. Pada proses tersebutlah tampak bahwa siswa tidak seharusnya menghafalkan semua rumus-rumus atau persamaan-persamaan matematik.

c. Representasi Gambar

Suatu konsep akan menjadi lebih jelas ketika dapat kita representasikan dalam bentuk gambar. Gambar dapat membantu memvisualisasikan sesuatu yang masih bersifat abstrak. Dalam fisika banyak bentuk diagram yang sering digunakan (sesuai konsep), antara lain : diagram gerak, diagram bebas benda (free body diagram), diagram garis medan (field line diagram), diagram rangkaian listrik (electrical circuit diagram), diagram sinar (ray diagram), diagram muka gelombang (wave front diagram), diagram energi keadaan (energy state diagram).

d. Representasi Grafik

Penjelasan yang panjang terhadap suatu konsep dapat kita representasikan dalam satu bentuk grafik. Oleh karena itu kemampuan membuat dan membaca grafik adalah keterampilan yang sangat diperlukan. Grafik balok energi (energy bar chart), grafik balok momentum (momentum bar chart), merupakan grafik yang sering digunakan dalam merepresentasi konsep-konsep fisika.

Dibawah ini Jaenudin (2008:10) menjabarkan bentuk-bentuk operasional dari kemampuan multirepresantasi:

Representasi	Bentuk Operasional
Diagram, Grafik atau Tabel	a. Menyajikan kembali data atau informasi dari suatu representasi ke suatu representasi diagram, grafik atau tabel b. Menggunakan representasi visual untuk menyelesaikan masalah
Gambar	a. Membuat gambar pola geometri b. Membuat gambar bangun geometri, untuk memperjelas masalah dan memfasilitasi penyelesaiannya.
Matematis	a. Membuat persamaan, model matematika, atau representasi lain dari representasi yang diberikan b. Membuat konjektur dari suatu pola hubungan c. Menyelesaikan masalah dengan melibatkan ekspresi matematis
Verbal	a. Membuat situasi masalah berdasarkan data atau representasi data yang diberikan b. Menuliskan interpretasi dari suatu representasi c. Menuliskan langkah-langkah penyelesaian masalah matematis dengan kata-kata d. Menyusun cerita yang sesuai dengan representasi yang disajikan

(Jaenudin, 2008:10)

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kemampuan multirepresentasi merupakan kemampuan dalam merepresentasikan ulang suatu konsep ke dalam empat format representasi yang ada yaitu verbal, matematis, gambar dan grafik dari pemecahan masalah suatu konsep fisika.

2.4 Elastisitas dan Hukum Hooke

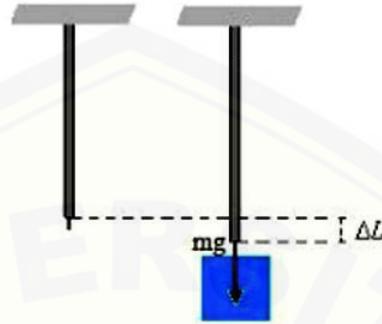
Setiap benda atau bahan mempunyai batas elastis yang berbeda-beda. Pengetahuan tentang batas elastisitas untuk bermacam-macam bahan sangat penting bagi para insinyur bangunan atau arsitek, karena penggunaan bahan yang tidak tepat, misalnya menggunakan bahan dengan elastisitas rendah, sangat membahayakan struktur bangunan. Kabel-kabel penahan pada jembatan-jembatan gantung memiliki batas elastisitas yang cukup besar, sehingga mampu menahan beban dan getaran-getaran.



Gambar 2.1. Jembatan Nasional Suromadu dengan bahan kabel penahan dengan elastisitas besar.

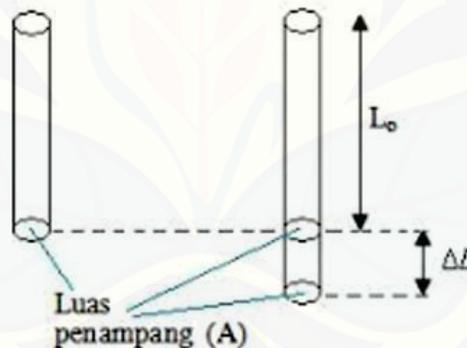
a. Sifat-sifat Elastisitas Bahan

1. Tegangan dan Regangan



Gambar 2.2. Hukum Hooke: ΔL sebanding dengan gaya yang diberikan

Jika diperhatikan Gambar 2.2, gambar tersebut menunjukkan bahwa besaran lain yang ikut menentukan pertambahan panjang sebuah benda yang ditarik adalah perbandingan antara gaya yang diberikan dengan luas penampang kawat atau batang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pertambahan panjang karena luas penampang batang (A).

Perbandingan antara gaya dan luas penampang ini disebut dengan tegangan, atau gaya per satuan luas penampang, biasa diberi simbol σ . Secara matematis dapat ditulis sebagai:

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas penampang}}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

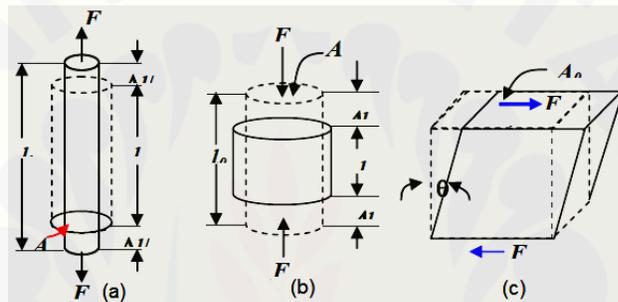
di mana:

σ : tegangan (N/m^2)

F : gaya (N)

A : luas penampang (m^2)

Tegangan benda yang mengakibatkan pertambahan panjang (perubahan bentuk benda) yang disebabkan karena arah gaya pada benda, bisa dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Tegangan tarik, tekan dan geser.

Sementara ini, tegangan geser tidak dibahas disini, Pada Gambar 5 bisa ditunjukkan tegangan tarik dan tegangan tekan. Panjang batang mula-mula adalah L , jika diberi gaya F untuk menghasilkan tegangan tarik, pertambahan (perubahan) panjang batang adalah ΔL . Sedangkan jika diberi gaya F untuk menghasilkan tegangan tekan, pertambahan negatif atau pengurangan panjang batang adalah ΔL . Perubahan panjang untuk tegangan tarik dan tegangan tekan bisa tidak sama, tetapi kenyataan ini menunjukkan bahwa perubahan panjang tersebut tergantung pada panjang batang mula-mula L . Dari analisis ini didefinisikan perubahan panjang, yaitu regangan yang biasa diberi simbol ε .

$$\text{Regangan} = \frac{\text{perubahan panjang}}{\text{panjang mula - mula}}$$

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.2)$$

di mana:

ε : regangan (tak mempunyai satuan)

ΔL : perubahan panjang (m)

L : panjang batang mula-mula (m)

Pada Tabel 2.1 ditunjukkan besar ketiga macam tegangan tarik, tekan dan geser untuk berbagai jenis bahan.

Tabel 2.2. Tegangan berbagai macam bahan

Bahan	Tegangan		
	Tarik (Nm ⁻²)	Tekan (Nm ⁻²)	Geser (Nm ⁻²)
Besi	170x10 ⁶	550x10 ⁶	170x10 ⁶
Baja	500x10 ⁶	500x10 ⁶	250x10 ⁶
Kuningan	250x10 ⁶	250x10 ⁶	200x10 ⁶
Aluminium	200x10 ⁶	200x10 ⁶	200x10 ⁶
Kayu pinus	40x10 ⁶	35x10 ⁶	5x10 ⁶

2. Modulus Elastik.

Berikut akan ditunjukkan hubungan antara pertambahan panjang ΔL dengan gaya F dan konstanta k . Materi penyusun dan dimensi benda dinyatakan dalam konstanta k . Untuk materi penyusun yang sama, besar pertambahan panjang ΔL sebanding dengan panjang benda mula-mula L , dan berbanding terbalik dengan luas penampang A . Tegangan diberikan pada materi dari arah luar, sementara regangan adalah tanggapan materi terhadap tegangan. Dari kasus sini, reaksi benda terhadap gaya yang diberikan dicirikan oleh nilai suatu besaran yang disebut modulus elastik, biasa disebut juga dengan modulus Young (Y), dimana secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{Modulus elastik} = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}}$$

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.3)$$

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad \text{atau}$$

$$\Delta L = \frac{L}{Y} \frac{F}{A} \quad \text{atau}$$

$$\frac{\Delta L}{L} Y = \frac{F}{A} \quad \text{atau}$$

$$\varepsilon Y = \sigma$$

Dari persamaan diatas dapat ditunjukkan bahwa regangan ε berbanding lurus dengan tegangan σ . Pada Tabel 2.3 ditunjukkan besar modulus elastik dan modulus geser untuk berbagai jenis bahan.

Tabel 2.3 Modulus Elastik

Bahan	Modulus	
	Elastik (Nm ⁻²)	Geser (Nm ⁻²)
Besi, gips	100x10 ⁹	40x10 ⁹
Baja	200x10 ⁹	80x10 ⁹
Kuningan	100x10 ⁹	35x10 ⁹
Aluminium	70x10 ⁹	25x10 ⁹
Kayu (pinus)	5x10 ⁹	-
Tulang	15x10 ⁹	80x10 ⁹

b. Hukum Hooke

Berdasarkan kenyataan yang sering teramati, bahwa pertambahan panjang ΔL suatu benda tergantung pada besarnya gaya F yang diberikan dan materi penyusun serta dimensi benda (dinyatakan dalam dimensi k). Benda yang dibentuk oleh materi yang berbeda akan memiliki pertambahan panjang yang berbeda, walaupun diberi gaya yang sama, misalnya tulang dan besi. Demikian juga, walaupun sebuah benda terbuat dari materi yang sama (besi misalnya), tetapi memiliki panjang dan luas penampang yang berbeda, maka benda tersebut akan mengalami pertambahan panjang yang berbeda pula, sekalipun diberi gaya yang sama. Jika kita bandingkan batang yang terbuat dari materi yang sama tetapi memiliki panjang dan luas yang berbeda, ketika diberikan gaya yang sama besar pertambahan panjang sebanding dengan panjang mula-mula dan berbanding terbalik dengan dengan luas penampang. Makin panjang suatu benda, makin besar pertambahan panjangnya, sebaliknya

semakin tebal benda, semakin kecil pertambahan panjangnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Eksperimen menunjukkan bahwa pertambahan panjang ΔL sebanding dengan berat benda (mg) atau gaya yang diberikan pada benda tersebut. Perbandingan tersebut, secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$F = k \Delta L \quad (2.4)$$

di mana

F : gaya (berat) yang menari benda

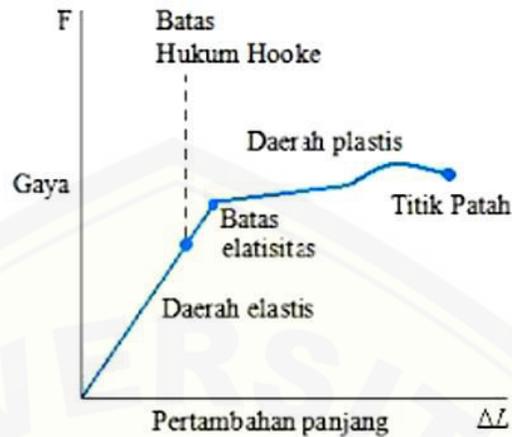
ΔL : perubahan panjang

k : konstanta pembanding

Persamaan (2.4) kadang disebut sebagai hukum Hooke, untuk menghormati penemu hukum ini, yaitu Robert Hooke (1635-1703). Persamaan (2.4) ini merupakan suatu pendekatan yang sesuai untuk kebanyakan materi atau bahan, tetapi hanya sampai pada suatu batas tertentu. Jika gaya terlalu besar, batang akan meregang terlalu besar dan tidak mau kembali ke keadaan semula, dan akhirnya jika gaya diperbesar lagi batang patah atau putus.

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa grafik pertambahan panjang dari gaya yang diberikan terhadap batang logam biasa. Pada mulanya kurva berupa garis lurus yang sesuai dengan persamaan $F = k \Delta L$ (persamaan 1). Setelah melewati titik batas elastis, kurva menyimpang dari garis lurus sehingga tidak menjadi hubungan yang sederhana lagi antara F dan ΔL . Perpanjangan maksimum dicapai pada titik patah. Daerah antara titik awal sampai titik batas elastis disebut dengan daerah elastis atau disebut juga daerah elastisitas, sedang daerah antara titik batas elastis sampai titik patah disebut dengan daerah plastis.

Selanjutnya bila beban (gaya) pada ujung batang tersebut dilepas, bila batang itu kembali ke bentuknya semula, maka batang atau benda demikian disebut benda elastis. Tetapi sebaliknya bila beban (gaya) pada ujung batang tersebut dilepas, dan bila batang itu tidak kembali ke bentuknya semula, maka benda demikian disebut sebagai benda plastis.



Gambar 2.5. Gaya yang diberikan terhadap pertambahan panjang untuk logam biasa.

1. Energi Potensial Pegas

Energi potensial elastis pada pegas (energi potensial pegas) adalah senilai dengan usaha yang dikerjakan pada gaya pembalik pegas itu sendiri (Jati, 2013). Gaya yang dilakukan benda pada pegas berdasarkan Hukum Hooke memenuhi persamaan:

$$F = -k \cdot \Delta x$$

Ketika pegas bertambah panjang dx maka kerja yang dilakukan benda pada pegas adalah

$$dW = F \cdot d(\Delta x) \quad (2.5)$$

Kerja yang dilakukan benda pada pegas untuk menambah panjang dari x_1 dan x_2 adalah

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F \cdot d(\Delta x) \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} W &= \int_{x_1}^{x_2} (-k\Delta x) dx \\ &= -k \left[\frac{1}{2} (\Delta x)^2 \right]_{x_1}^{x_2} \\ &= -k \left[\frac{1}{2} (\Delta x)_2^2 - \frac{1}{2} (\Delta x)_1^2 \right] \end{aligned}$$

Secara umum, energi potensial benda oleh pegas yang menyimpang sejauh x dari posisi setimbang adalah

$$U(x) = E_p = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2 \quad (2.7)$$

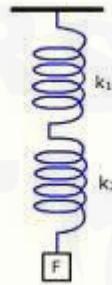
dengan:

E_p = energi potensial pegas (J)

k = konstanta gaya pegas (N/m)

Δx = pertambahan panjang pegas (m)

2. Susunan Pegas Seri dan Paralel



Gambar 2.6 Susunan pegas seri

Apabila pada ujung pegas susunan seri seperti pada gambar 2.6 bekerja gaya F maka berlaku

$$F = k_1 \cdot \Delta x_1 \quad \rightarrow \quad x_1 = \frac{F}{k_1}$$

$$F = k_2 \cdot \Delta x_2 \quad \rightarrow \quad x_2 = \frac{F}{k_2}$$

$$F = k_3 \cdot \Delta x_3 \quad \rightarrow \quad x_3 = \frac{F}{k_3}$$

Pertambahan panjang total susunan pegas:

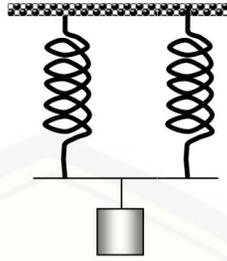
$$x_{total} = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 \quad (2.8)$$

$$\frac{F}{k_s} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} + \frac{F}{k_3} \quad (2.9)$$

Maka konstanta pegas total untuk susunan seri:

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} \quad (2.10)$$

Dengan k_s adalah konstanta gaya total susunan pegas seri.



Gambar 2.7 Susunan Pegas Paralel

Sedangkan pada pegas susunan paralel seperti pada gambar 2.7 berlaku:

$$x_{total} = \Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x_3 \quad (2.11)$$

Karena:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \quad (2.12)$$

Maka:

$$k_p \Delta x = k_1 \Delta x_1 + k_2 \Delta x_2 + k_3 \Delta x_3$$

$$k_p \Delta x = k_1 \Delta x + k_2 \Delta x + k_3 \Delta x$$

Sehingga:

$$k_p = k_1 + k_2 + k_3 \quad (2.13)$$

Dengan k_p adalah konstanta gaya total susunan pegas paralel.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Menurut Arifin (2014), penelitian deskriptif adalah penelitian yang digunakan untuk mendeskripsikan dan menjawab persoalan-persoalan suatu fenomena atau peristiwa yang terjadi saat ini, baik tentang fenomena dalam variabel tunggal maupun korelasi dan atau perbandingan berbagai variabel. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode penelitian yang bersifat deskriptif kuantitatif, yang dalam pengamatannya memerlukan kecermatan dalam mengamati masalah yang diteliti. Disamping itu dalam mendokumentasikan hasil dari penelitian ini dilakukan dengan proses observasi dilapangan saat penelitian berlangsung.

Penelitian ini mendeskripsikan tentang efektivitas model pembelajaran PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan kemampuan multirepresentasi siswa SMA.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2018/2019 pada materi Elastisitas dan Hukum Hooke. Penelitian ini berlangsung pada tanggal 29 Agustus 2018 – 7 september 2018. Dalam penelitian ini, penentuan daerah penelitian menggunakan *purposive sampling area* yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2017: 85). Penelitian ini dilaksanakan di SMAN Pakusari dengan beberapa pertimbangan:

- a. Sekolah tersebut belum pernah diadakan penelitian mengenai efektivitas model PBL berbantuan simulasi PhET pada pokok bahasan Elastisitas dan Hukum Hooke dalam meningkatkan kemampuan multirepresentasi siswa SMA.
- b. Sekolah yang bersangkutan bersedia untuk memberikan ijin penelitian.

3.3 Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah subjek yang dituju untuk diteliti oleh peneliti (Arikunto, 2013). Subjek penelitian adalah orang yang terlibat dalam penelitian sebagai sumber data, subjek penelitian berkaitan dengan populasi dan sampel penelitian. Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2017). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIPA di SMAN Pakusari. Penentuan populasi menggunakan *purposive sampling area* dengan pertimbangan materi yang digunakan berdasarkan silabus kurikulum 2013 revisi 2016 berada pada kelas XI. Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut (Sugiyono, 2017). Sampel dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIPA 3. Penentuan sampel dalam penelitian ini ditentukan dengan metode *purposive sampling area*, yaitu sampel dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu. Pertimbangan dalam pemilihan sampel ini didasarkan pada kelas tersebut menempuh materi Elastisitas dan Hukum Hooke.

3.4 Definisi Operasional Penelitian

Definisi operasional variabel diperlukan agar tidak terdapat perbedaan persepsi dalam penelitian. Adapun istilah yang perlu didefinisikan dalam penelitian ini yakni sebagai berikut:

a. Efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET

Efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET merupakan ukuran seberapa besar tingkat keberhasilan penerapan model PBL berbantuan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika.

b. Kemampuan Representasi Verbal

Kemampuan representasi verbal merupakan kemampuan siswa dalam menjelaskan suatu konsep dalam bentuk teks yang diperoleh setelah siswa menerima pengalaman belajarnya.

c. Kemampuan Representasi Matematik

Kemampuan representasi matematik merupakan kemampuan siswa dalam menyelesaikan suatu permasalahan dalam bentuk kualitatif yang diperoleh setelah siswa menerima pengalaman belajarnya.

d. Kemampuan Representasi Gambar

Kemampuan representasi gambar merupakan kemampuan siswa dalam memvisualisasikan suatu konsep abstrak dalam bentuk gambar yang diperoleh setelah siswa menerima pengalaman belajarnya.

e. Kemampuan Representasi Grafik

Kemampuan representasi grafik merupakan kemampuan siswa dalam menjelaskan suatu konsep dalam bentuk grafik dan membaca grafik yang diperoleh setelah siswa menerima pengalaman belajarnya.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah yang dilalui dalam penelitian dengan tujuan agar dapat menjawab rumusan masalah pada suatu penelitian. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Persiapan

Pada tahap persiapan, peneliti perlu mempersiapkan beberapa hal yang diperlukan sebelum melaksanakan penelitian. Adapun beberapa hal tersebut antara lain: membuat rancangan penelitian, menentukan tempat penelitian, membuat surat izin observasi dan penelitian yang disetujui pihak dekanat, meminta izin pihak sekolah untuk melakukan observasi, melakukan observasi untuk melihat kondisi sekolah yang akan dijadikan tempat penelitian, melakukan wawancara dengan guru fisika di sekolah tersebut untuk mengetahui keadaan siswa di dalam kelas dan selanjutnya meminta izin kepada pihak sekolah untuk mengadakan penelitian di sekolah tersebut.

b. Pembuatan Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah soal tes dalam bentuk uraian (essay) tentang Elastisitas dan Hukum Hooke. Soal tes ini diambil dari kumpulan soal UN Fisika yang sudah tervalidasi. Soal tes berupa pretest dan posttest yang dilaksanakan setiap pertemuan dengan masing-masing berjumlah 2 butir soal yang mengandung kemampuan multirepresentasi.

c. Pengumpulan Data

Pengumpulan data akan dilakukan dengan memberikan soal tes kemampuan multirepresentasi. Data yang akan diperoleh adalah data deskriptif kuantitatif.

d. Analisis Data

Pada tahap ini hasil tes akan dianalisis. Hasil jawaban pretest dan post test siswa akan dianalisis menggunakan analisis N-Gain untuk mendapatkan data peningkatan N-Gain setiap pertemuan guna mengkaji efektivitas model PBL berbantuan simulasi PhET.

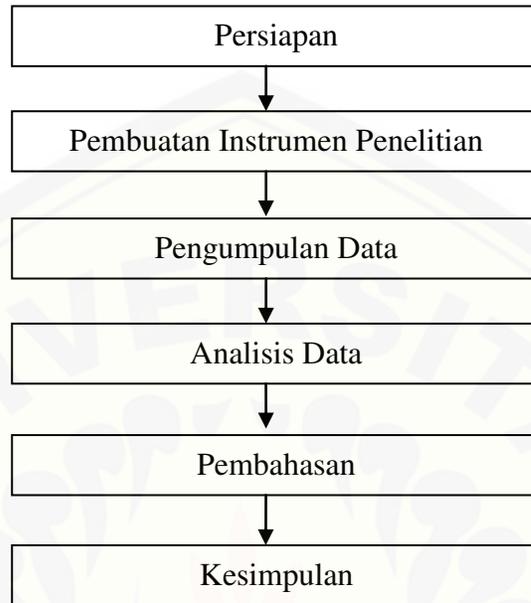
e. Pembahasan

Pada tahap ini akan dilakukan pembahasan berdasarkan hasil analisis pada data hasil penelitian. Hasil analisis data akan dibahas secara rinci berdasarkan kondisi riil dari data yang didapatkan agar selanjutnya bisa dijadikan acuan untuk menarik kesimpulan.

f. Kesimpulan

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan akan menjawab pertanyaan dari rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini dari pembahasan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam bagan alur penelitian sebagai berikut.



Gambar 3.2 Bagan Alur Penelitian

3.6 Metode Pengumpulan Data

Menurut Sugiyono (2012 : 224), teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mengumpulkan data. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik dokumentasi, observasi, tes dan wawancara.

a. Dokumentasi

Dokumentasi adalah mencari dan mengumpulkan data mengenai hal-hal yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, notulen, rapor, agenda (Arikunto, 2009). Dokumentasi yang ada dipelajari untuk memperoleh data dan informasi dalam penelitian. Dokumentasi pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi/data. Data penelitian yang akan diambil melalui kegiatan dokumentasi adalah daftar nama siswa yang menjadi subyek penelitian, foto pelaksanaan penelitian, hasil pretest dan posttes, rekaman wawancara dan dokumentasi lain yang mendukung data penelitian.

b. Tes

Metode Tes ini digunakan untuk mengetahui kemampuan multirepresentasi siswa pada Pokok bahasan Elastisitas dan Hukum Hooke. Metode Tes merupakan serentetan pertanyaan atau latihan atau alat lain yang digunakan untuk mengukur keterampilan, pengetahuan, intelegensi, kemampuan atau bakat yang dimiliki individu atau kelompok (Arikunto, 2009:32).

3.7 Instrumen Penelitian

Tes yang digunakan dalam penelitian ini adalah soal pretest dan posttest berbentuk uraian. Masing-masing test terdiri dari 2 butir soal multirepresentasi. Soal pretest diberikan sebelum pembelajaran berlangsung dan diberi waktu mengerjakan selama 15 menit. Soal posttest diberikan setelah pembelajaran berlangsung dan diberi waktu mengerjakan selama 15 menit. Soal tes diambil dari soal-soal UN Fisika yang sudah tervalidasi. Soal tes ini merupakan soal tes pada pokok bahasan Elastisitas dan Hukum Hooke Kelas XI.

3.8 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data digunakan untuk mengolah dan menganalisis data dari hasil penelitian. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis N-Gain. Metode Gain ternormalisasi ini dapat dilakukan untuk mengetahui peningkatan atau penurunan kemampuan multirepresentasi siswa dalam proses pembelajaran. Rumus nilai Gain ternormalisasi menurut Hake (1999) adalah sebagai berikut:

$$N_g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}}$$

(Hake, 1999)

Keterangan :

N_g = Skor peningkatan

S_{pre} = Nilai *pre-test*

S_{post} = Nilai *post-test*

S_{max} = Nilai maksimum

Kriteria peningkatan kemampuan multirepresentasi siswa yang diperoleh dari nilai *N-gain* dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Kriteria peningkatan kemampuan multirepresentasi.

Nilai <i>N-gain</i>	Kriteria
$N_g \geq 0,7$	gain tinggi
$0,3 \leq N_g < 0,7$	gain sedang
$N_g < 0,3$	gain rendah

(Hake,1999)

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi verbal siswa SMA.
- b. Model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi gambar siswa SMA.
- c. Model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi matematik siswa SMA.
- d. Model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi grafik siswa SMA.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

- a. Bagi guru, hasil penelitian dari efektivitas model PBL berbantuan simulasi PhET ini dapat dijadikan sebagai referensi dan acuan dalam proses pembelajaran untuk memaksimalkan kemampuan multirepresentasi siswa sehingga dapat meningkatkan hasil belajar fisika siswa.
- b. Bagi siswa, untuk memaksimalkan kemampuan multirepresentasi, siswa, hendaknya untuk latihan mengerjakan soal yang mengandung pendekatan multirepresentasi secara berulang.
- c. Bagi peneliti lain, diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi dan landasan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustine, D., Wiyono, K., dan Muslim, M. 2014. Pengembangan *e-learning* berbantuan *virtual laboratory* untuk mata kuliah praktikum fisika dasar II Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNSRI. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran*. 1(1): 33-42.
- Amir, T. 2009. *Inovasi Pendidikan melalui Problem Based Learning*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Anderson, L. W., dan Krathwohl, D. R. 2010. *Kerangka Landasan untuk Pembelajaran, Pengajaran, dan Asesmen*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Andiani, D. 2016. Meningkatkan Kemampuan Representasi, Disposisi Matematis Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah Teknik Mind Map. *Pasundan Journal of Mathematics Education (PJME)*. 6 (2): 54.
- Arda, S., S., dan Darsikin. 2015. Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis computer untuk siswa SMP kelas VIII. *e-Jurnal MitraSains*. 3(1): 69-77.
- Arikunto, S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arsyad, A. 2002. *Media Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Arsyad, A. 2011. *Media Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Basri, H.W., & Sumarni, S. 2013. Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Komputer Pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi Pendidikan*. 3(1): 35-44.
- Bektiarso, S. 2002. *Pentingnya Konsepsi Awal dalam pembelajaran Fisika*. *Jurnal saintifika*. 1 (1): 11-20.
- Bryce, T.G.K. & MacMillan, K. 2009. Momentum and Kinetic Energy: Confusable Concepts in Secondary School Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. 46 (7):739-761.

- Bungel. 2014. Penerapan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas VIII SMP Negeri 4 Palu Pada Materi Prisma. *Jurnal Elektronik Pendidikan Matematika Tadulako*.2(5): 45-53.
- Djamarah, B. S., dan Zain, A. 2010. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Farhan, M., dan Retnawati, H. 2014. Keefektifan Pbl Dan Ibl Ditinjau Dari Prestasi Belajar, Kemampuan Representasi Matematis, Dan Motivasi Belajar. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*. 1(02): 239.
- Finkelstein, N. 2006. HighTech Tools for Teaching Physics: The Physics Education Technology Project. *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*. 2(3): 463.
- Fitri, N., Munzir, S., dan Duskri, M. 2017. Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis melalui Penerapan Model Problem Based Learning. *Jurnal Didaktik Matematika*. 4 (1): 63.
- Giancoli, D., C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hamdayama, J. 2015. *Model dan Metode Pembelajaran Kreatif dan Berkarakter*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Hanafiah, N., dan Cucu, S. 2010. *Konsep Strategi Pembelajaran*. Bandung: Refika Aditama.
- Indrawati. 2011. *Modul: Model-model pembelajaran Implementasinya dalam Pembelajaran Fisika*. Jember: FKIP Universitas Jember.
- Jaenudin. 2008. *Pengaruh Pendekatan Konstektual Terhadap Kemampuan Representasi Matematik Beragam Siswa SMP*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Jauhari, T., Hikmawati dan Wahyudi. 2016. Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media PhET Terhadap Hasil Belajar Fisika Sisiwa Kelas X SMAN 1 Gunungsari Tahun Pelajaran 2015/2016. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2(1): 9.
- Krisdiana, A., dan Supardi, I. 2015. Penerapan Pembelajaran Guided Discovery pada Materi Fluida Dinamik dengan Media PhET untuk Meningkatkan Hasil

- Belajar Siswa Kelas XI SMA Negeri 1 Sooko. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*. Vol 04 No 02: 133-140.
- Kusumaningsih, W., dan Marta, R. P. 2016. Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah Dan Discovery Learning Terhadap Kemampuan Representasi Matematis Siswa SMP. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*. 1 (2) : 206.
- Mahardika, I K. 2012. *Representasi Mekanika dalam Pembahasan*. Jember: UPT Penerbitan UNEJ.
- Mukharomah, L., Mahardika, I K., dan Subiki. 2013. Penggunaan Model Kooperatif Tipe GI (Group Investigation) disertai Media Animasi untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Verbal, Matematik, Gambar, dan Grafik Siswa dalam Pembelajaran Fisika di SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 2 No. 2: hal 226-232.
- Mulyono. 2012. *Strategi Pembelajaran*. Malang: UIN Maliki Press.
- Ngalimun. 2013. *Strategi dan Model Pembelajaran*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo.
- Rahayu, S., F., Sriyonodan Nurhidayati. 2015. Efektivitas Model Pembelajaran Scientific Inquiry Berbasis Pictorial Riddle dalam Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas VIII SMPN 1 Adimulyo Kebumen. *Jurnal Radiasi*. 6 (1): 93.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Heuvelen, A.V. 2009. Do Students Use And Understand Free-Body Diagrams. *Journal Physics Education Research*.1(01): 40.
- Rusman. 2012. *Model-model pembelajaran: Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Sabirin, M. 2014. Representasi dalam Matematika. *JPM IAIN Antasari*. 1 (2): 33-44.
- Sari, A. P., Feranie, S., dan Karim, S. 2015. Penerapan Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Pendekatan Multirepresentasi untuk Meningkatkan Prestasi Belajar dan Konsistensi Ilmiah Berbasis Multirepresentasi pada Materi Elastisitas. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*. 1(2): 46.
- Sari, A. P., Mahardika, I K., dan Supriadi, B. 2017. Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe NHT Disertai Virtual-Lab Terhadap Kemampuan Representasi Verbal Dan Gambar Siswa Dalam Pembelajaran Fisika Kelas X

Di SMA Jember (Pada Pokok Bahasan Momentum Linier). *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2017*. Vol.2 hal.4.

- Singh, C., dan Rosengrant, D. 2001. Student's Conceptual Knowledge of Energy and Momentum. *Proceedings of The Physics Education Research Conference*. 123-126.
- Sinulingga, P., Hartanto, T. J., dan Santoso, B. 2016. Implementasi Pembelajaran Fisika Berbantuan Media Simulasi PhET untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Listrik Dinamis. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*. 2(1): 57.
- Suardi, M. 2015. *Belajar dan Pembelajaran*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sudjana, N. 2009. *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Penerbit ALFABETA.
- Susilana, dkk. 2009. *Media Pembelajaran: Hakikat, Pengembangan, Pemanfaatan, dan Penilaian*. Bandung: CV Wacana Prima.
- Trianto. 2007. *Model Pembelajaran Terpadu dalam Teori dan Praktek*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Trianto. 2009. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif Progresif*. Jakarta: Kencana Prenada Fajar.
- Trianto. 2011. *Panduan Lengkap Penelitian Tindakan Kelas Teori dan Praktik*. Jakarta: Prestasi Pustaka Publisher.
- Wati, N. K., dan Iriani, R. 2016. Pengaruh Model Pembelajaran Simayang Tipe II Berbantuan Media Phet Terhadap Hasil Belajar Dan Kemampuan Representasi Visual Siswa Pada Materi Larutan Asam Basa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*. 7(02): 125.
- Waldrip, B., Prain, V., and Carolan, J. 2006. Learning Junior Secondary Science through Multi-Modal Representations. *Electronic Journal of Science Education*. 11(1): 329.
- Wena, M. 2011. *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer*. Jakarta: Bumi Aksara.

Wisudawati, A. W., dan Sulisty, E. 2014. Metodologi Pembelajaran. Jakarta:PT. Bumi Aksara.



LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN

MATRIKS PENELITIAN

NAMA : Dina Rizqi Hadiyanti
 NIM : 140210102053
 RG : Physics Instrument Learning

Judul	Tujuan Penelitian	Jenis Penelitian	Sumber Data	Teknik Pengambilan Data	Analisis Data	Alur Penelitian
Efektivitas Model Pbl Berbantuan Simulasi Phet Pada Pokok Bahasan Elastisitas Dan Hukum Hooke Untuk Meningkatkan Kemampuan	a. Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap peningkatan kemampuan representasi verbal siswa SMA. b. Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap	Jenis Penelitian : Deskriptif	1. Subjek Penelitian: Siswa kelas XI MIPA 2. Informan : Guru mata pelajaran fisika. 3. Bahan rujukan :	Teknik Pengambilan Data: 1. Tes 2. Dokumentasi	Mengkaji peningkatan kemampuan multirepresentasi siswa melalui implementasi model PBL (Problem Based Learning) berbantuan simulasi PhET menggunakan uji <i>N-Gain</i> untuk mengetahui besar peningkatan kemampuan multirepresentasi	1. Persiapan 2. Pembuatan instrumen penelitian 3. Pengumpulan data 4. Analisis data hasil eksperimen 5. Pembahasan 6. Penarikan kesimpulan

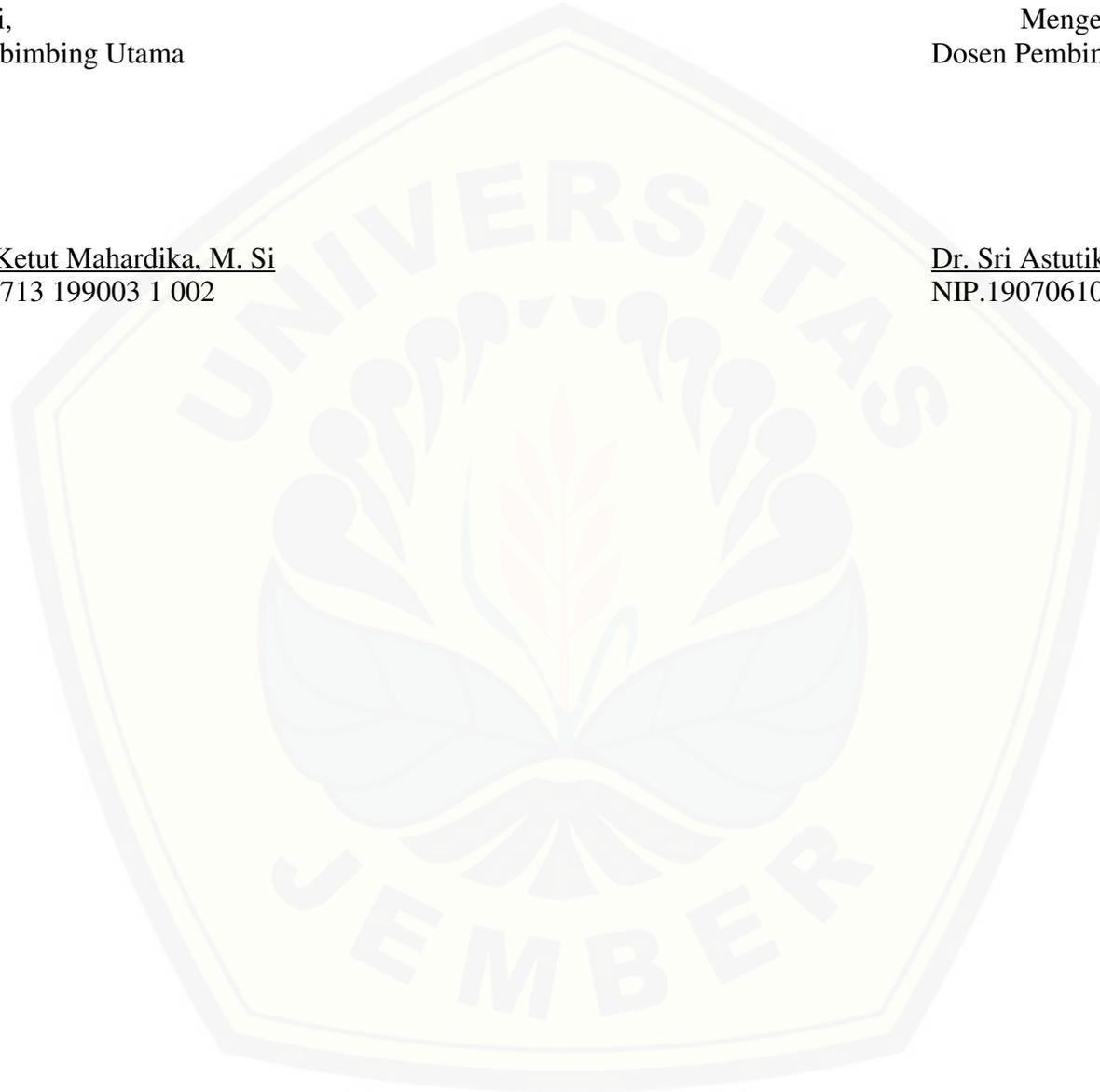
<p>uan Multirepr esentasi Siswa Sma</p>	<p>peningkatan kemampuan representasi gambar siswa SMA. c. Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap peningkatan kemampuan representasi matematis siswa SMA. d. Mengkaji efektivitas Model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap peningkatan kemampuan representasi grafis siswa SMA.</p>		<p>a. Jurnal penelitian yang bersifat at relevan. b. Buku Fisika Dasar Untuk Unive rsitas. c. Buku Paket Siswa .</p>		$N_g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}}$ <p>Keterangan : N_g = Skor peningkatan S_{pre} = Nilai <i>pre-test</i> S_{post} = Nilai <i>post-test</i> S_{max} = Nilai maksimum</p>	
---	--	--	--	--	--	--

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Utama

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Anggota

Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M. Si
NIP. 19650713 199003 1 002

Dr. Sri Astutik, M. Si
NIP.19070610 199203 2 002



LAMPIRAN B. SILABUS

SILABUS

Satuan Pendidikan : SMAN Pakusari
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI/ Ganjil
Tahun Ajaran : 2018/2019
Pokok Bahasan : Elastisitas dan Hukum Hooke
Kompetensi Inti :

1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
3. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
<p>3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari</p> <p>4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya</p>	<p>3.2.1 menjelaskan karakteristik benda elastis dan tidak elastis</p> <p>3.2.2 menentukan tegangan, regangan dan modulus young</p> <p>3.2.3 menentukan konstanta pegas melalui percobaan Hukum Hooke</p> <p>3.2.4 Menentukan konstanta pegas melalui percobaan Hukum Hooke</p> <p>3.2.5 menganalisis susunan pegas seri</p>	<p>Elastisitas dan Hukum Hooke:</p> <ol style="list-style-type: none"> Sifat-sifat Elastisitas Bahan Hukum Hooke Susunan Pegas Seri-Paralel Energi Potensial Pegas 	<ul style="list-style-type: none"> Fase orientasi siswa pada Masalah Guru menjelaskan tujuan pembelajaran, menjelaskan segala hal yang dibutuhkan, memotivasi siswa terlibat dalam aktivitas pemecahan masalah yang dipilihnya. Fase mengorganisasi siswa untuk belajar Guru membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah. Membimbing penyelidikan 	<p>Tes Uraian (Soal Pretest-posttest)</p>	<p>4 x 2 JP</p>	<ul style="list-style-type: none"> Buku paket Fisika Kelas XI K13 Revisi 2016 Internet Buku catatan siswa

	<p>dan paralel</p> <p>3.2.6 menentukan energi potensial pegas</p> <p>3.2.7 menjelaskan pemanfaatan sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari</p> <p>2.2.1 menyelidiki sifat-sifat elastisitas bahan</p> <p>2.2.2 menyelidiki berlakunya Hukum Hooke</p> <p>2.2.3 menganalisis Susunan Pegas Seri-Paralel.</p> <p>2.2.4 menganalisis dan menyajikan data hasil percobaan</p>		<p>individu maupun kelompok</p> <p>Guru mendorong siswa untuk mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen atau pengamatan untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengembangkan dan menyajikan hasil karya <p>Guru membantu siswa untuk merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai dan membantu mereka untuk berbagi tugas dengan temannya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis dan mengevaluasi 			
--	---	--	---	--	--	--

	energi potensial pegas.		hasil pemecahan masalah Guru membantu siswa untuk melakukan refleksi atau evaluasi terhadap penyelidikan mereka dan proses-proses yang mereka gunakan,			
--	-------------------------	--	--	--	--	--

LAMPIRAN C1. RPP 1**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN
(RPP)**

Nama Sekolah : SMAN Pakusari
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas / Semester : XI / Ganjil
Materi Pokok : Elastisitas dan Hukum Hooke
Sub Pokok Bahasan : Sifat-sifat Elastisitas Bahan
Alokasi Waktu : 2 X 45 menit (2 JP)

A. Kompetensi Inti

1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, percaya diri, dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya terkait fenomena dan kejadian tampak mata.
4. Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkret (menggunakan, mengurai, merangkai, memodifikasi, dan membuat) dan ranah abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang/teori.

B. Kompetensi Dasar

- 3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari.
- 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya.

C. Indikator

- 1.2.1 menjelaskan karakteristik benda elastis dan tidak elastis
- 1.2.2 menentukan tegangan, regangan dan modulus young
- 4.2.1 menyelidiki sifat-sifat elastisitas bahan

D. Tujuan Pembelajaran

- 3.2.1.1 Siswa dapat menjelaskan karakteristik benda elastis dan tidak elastis melalui ceramah, diskusi dan tanya jawab dengan benar
- 1.2.2.1 Siswa dapat menentukan tegangan, regangan dan modulus young melalui ceramah, diskusi dan tanya jawab dengan benar.
- 4.2.1.1 Siswa dapat menyelidiki sifat-sifat elastisitas bahan melalui eksperimen, diskusi, penugasan dan presentasi dengan benar.

E. Materi Pembelajaran

- 1. Fakta
 - a. Benda yang elastis: karet, pegas, kayu, besi, dan lain-lain
 - b. Benda yang tidak elastis: plastisin, pasir, dan lain-lain
- 2. Konsep
 - a. Pengertian elastisitas
 - b. Tegangan, regangan, dan modulus elastisitas
 - c. Konstanta pegas
- 3. Prinsip
 - a. Hukum Hooke
 - b. Susunan seri dan paralel pegas
 - c. Energi potensial pegas
- 4. Prosedur
 - a. Percobaan Hukum Hooke
 - b. Percobaan Susunan Seri dan Paralel Pegas

F. Metode Pembelajaran

1. Pendekatan : Pendekatan Kontekstual
2. Model : *PBL (Problem Based Learning)*
3. Metode :
 1. Ceramah
 2. Tanya jawab
 3. Diskusi
 4. Penugasan
 5. Eksperimen
 6. Presentasi

G. Media, Alat / Bahan dan Sumber Belajar

1. Media : Simulasi PhET, Powerpoint, Video, LKS.
2. Alat dan bahan
Alat : Proyektor, spidol, papan tulis.
Bahan : -
3. Sumber Belajar :
 - a. Kanginan, Marthen. 2013. Fisika untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Erlangga.
 - b. Lembar Kerja Siswa
 - c. Internet

H. Langkah-langkah Pembelajaran

Kegiatan Belajar	Deskripsi	Waktu (menit)
Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan salam dan berdoa bersama (sebagai implementasi nilai religius). • Guru mengabsen, mengondisikan kelas dan pembiasaan (sebagai implementasi nilai disiplin). • Apersepsi: <ol style="list-style-type: none"> a. Mengaitkan materi dengan materi sebelumnya : "Sebentar, adakah yang masih ingat kemarin lalu 	15

	<p>kita belajar tentang Bab apa?</p> <p>b. Guru menampilkan video mengenaisifat-sifat elastisitas bahan, sambil menanggapi isi video tersebut.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memotivasi: Guru menanyakan: "dari video yang ibu putar tadi, apa yang dapat kalian peroleh?" • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran. 	
<p>Kegiatan inti Fase 1 Orientasi siswa pada masalah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menyajikan informasi kepada siswa tentang sifat-sifat elastisitas bahan. • Siswa diberi kesempatan untuk bertanya. • Guru memberikan permasalahan kepada siswa berkaitan tentang materi sifat-sifat elastisitas bahan. 	65
<p>Fase 2 Mengorganisasi siswa untuk belajar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membagi siswa ke dalam beberapa kelompok beranggotakan 4-5 siswa secara heterogen. • Guru membagikan LKS kepada tiap-tiap kelompok untuk didiskusikan bersama 	
<p>Fase 3 Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru mendemonstrasikan penggunaan media PhET yang akan di gunakan sebagai alat eksperimen berbentuk simulasi. • Guru membimbing siswa untuk menyelesaikan permasalahan melalui PhET. • Guru meminta siswa dan kelompoknya untuk berdiskusi dalam penyelesaian masalah yang ada di LKS • Guru membolehkan siswa mencari solusi dari buku, internet maupun sumber lain terkait dengan mengidentifikasi masalah yang diberikan guru. 	
<p>Fase 4 Mengembangkan dan menyajikan hasil karya</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing siswa dalam membuat lembar pelaporan terkait dengan solusi yang ditemukan untuk mengatasi masalah yang ada. • Guru meminta perwakilan dari setiap kelompok bergantian untuk mempresentasikan hasil karyanya dan siswa dari kelompok lain menanggapi dan mengajukan pertanyaan. 	
<p>Fase 5 Menganalisis dan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menganalisis hasil diskusi kelompok dengan meluruskan jawaban siswa. • Guru bersama siswa menyimpulkan materi yang 	

mengevaluasi hasil pemecahan masalah	telah dipelajari dan siswa diperkenankan untuk mengajukan pertanyaan jika belum mengerti.	
Penutup	<ul style="list-style-type: none"> • Tindak lanjut: penugasan untuk mempelajari tentang materi selanjutnya yakni Hukum Hooke • Salam dan doa untuk mengakhiri proses KBM 	10

I. Penilaian

1. Mekanisme dan prosedur

Penilaian dilakukan dari proses dan hasil. Penilaian proses dilakukan melalui penilaian observasi aktivitas belajar siswa meliputi *visual activities* (memperhatikan penjelasan guru); *oral activities* (mengajukan pertanyaan, menjawab pertanyaan, mengkomunikasikan hasil diskusi), *listening activities* (mendengarkan presentasi atau pendapat teman; *writing activities* (mencatat hasil diskusi atau percobaan) dan *motor activities* (melakukan percobaan). Sedangkan penilaian hasil dilakukan melalui tes uraian.

2. Instrumen Penilaian

- Tes tertulis (LP-01) – terlampir.
- Lembar Observasi aktivitas belajar siswa (LP-02) – terlampir.

Jember,

Guru Bidang Studi Fisika,

Peneliti,

Dina Rizqi Hadiyanti
NIM. 140210102053

LAMPIRAN C2. RPP 2**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN
(RPP)**

Nama Sekolah : SMAN Pakusari
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas / Semester : XI / Ganjil
Materi Pokok : Elastisitas dan Hukum Hooke
Sub Pokok Bahasan : Hukum Hooke
Alokasi Waktu : 2 X 45 menit (2 JP)

A. Kompetensi Inti

1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, percaya diri, dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya terkait fenomena dan kejadian tampak mata.
4. Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkret (menggunakan, mengurai, merangkai, memodifikasi, dan membuat) dan ranah abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang/teori.

B. Kompetensi Dasar

- 3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari.
- 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya.

C. Indikator

- 3.2.3 Memahami konsep Hukum Hooke
- 3.2.4 Menentukan konstanta pegas melalui percobaan Hukum Hooke
- 4.2.2 Menyelidiki berlakunya Hukum Hooke

D. Tujuan Pembelajaran

- 3.2.3.1 Siswa dapat memahami konsep Hukum Hooke melalui ceramah, diskusi dan tanya jawab dengan benar.
- 3.2.4.1 Siswa dapat menentukan konstanta pegas pada percobaan Hukum Hooke melalui ceramah, diskusi dan tanya jawab dengan benar.
- 3.2.3.2 Siswa dapat menyelidiki berlakunya Hukum Hooke melalui eksperimen, diskusi, penugasan dan presentasi dengan baik.

E. Materi Pembelajaran

- 1. Fakta
 - a. Benda yang elastis: karet, pegas, kayu, besi, dan lain-lain
 - b. Benda yang tidak elastis: plastisin, pasir, dan lain-lain
- 2. Konsep
 - a. Pengertian elastisitas
 - b. Tegangan, regangan, dan modulus elastisitas
 - c. Konstanta pegas
- 3. Prinsip
 - a. Hukum Hooke
 - b. Susunan seri dan paralel pegas
 - c. Energi potensial pegas
- 4. Prosedur
 - a. Percobaan Hukum Hooke
 - b. Percobaan Susunan Seri dan Paralel Pegas

F. Metode Pembelajaran

1. Pendekatan : Pendekatan Kontekstual
2. Model : *PBL (Problem Based Learning)*
3. Metode :
 1. Ceramah
 2. Tanya jawab
 3. Diskusi
 4. Penugasan
 5. Eksperimen
 6. Presentasi

G. Media, Alat / Bahan dan Sumber Belajar

1. Media : Simulasi PhET, Powerpoint, Video, LKS.
2. Alat dan bahan
Alat : Proyektor, spidol, papan tulis.
Bahan : -
3. Sumber Belajar :
 - d. Kanginan, Marthen. 2013. Fisika untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Erlangga.
 - e. Lembar Kerja Siswa
 - f. Internet

H. Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Belajar	Deskripsi	Waktu (menit)
Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan salam dan berdoa bersama (sebagai implementasi nilai religius). • Guru mengabsen, mengondisikan kelas dan pembiasaan (sebagai implementasi nilai 	15

	<p>disiplin).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apersepsi: <ol style="list-style-type: none"> a. Mengaitkan materi dengan materi sebelumnya : "Sebentar, adakah yang masih ingat kemarin lalu kita belajar tentang Bab apa? b. Guru menampilkan video mengenai Hukum Hooke, sambil menanggapi isi video tersebut. • Memotivasi: Guru menanyakan: "dari video yang ibu putar tadi, apa yang dapat kalian peroleh?" • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran. 	
<p>Kegiatan inti Fase 1 Orientasi siswa pada masalah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menyajikan informasi kepada siswa tentang Hukum Hooke. • Siswa diberi kesempatan untuk bertanya. • Guru memberikan permasalahan kepada siswa berkaitan tentang materi Hukum Hooke. 	65
<p>Fase 2 Mengorganisasi siswa untuk belajar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membagi siswa ke dalam beberapa kelompok beranggotakan 4-5 siswa secara heterogen. • Guru membagikan LKS kepada tiap-tiap kelompok untuk didiskusikan bersama 	
<p>Fase 3 Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru mendemonstrasikan penggunaan media PhET yang akan di gunakan sebagai alat eksperimen berbentuk simulasi. • Guru membimbing siswa untuk 	

	<p>menyelesaikan permasalahan melalui PhET.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru meminta siswa dan kelompoknya untuk berdiskusi dalam penyelesaian masalah yang ada di LKS • Guru membolehkan siswa mencari solusi dari buku, internet maupun sumber lain terkait dengan mengidentifikasi masalah yang diberikan guru. 	
<p>Fase 4</p> <p>Mengembangkan dan menyajikan hasil karya</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing siswa dalam membuat lembar pelaporan terkait dengan solusi yang ditemukan untuk mengatasi masalah yang ada. • Guru meminta perwakilan dari setiap kelompok bergantian untuk mempresentasikan hasil karyanya dan siswa dari kelompok lain menanggapi dan mengajukan pertanyaan. 	
<p>Fase 5</p> <p>Menganalisis dan mengevaluasi hasil pemecahan masalah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menganalisis hasil diskusi kelompok dengan meluruskan jawaban siswa. • Guru bersama siswa menyimpulkan materi yang telah dipelajari dan siswa diperkenankan untuk mengajukan pertanyaan jika belum mengerti. 	
<p>Penutup</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tindak lanjut: penugasan untuk mempelajari tentang materi selanjutnya yakni Energi Potensial Pegas. • Salam dan doa untuk mengakhiri proses KBM 	10

I. Penilaian

1. Mekanisme dan prosedur

Penilaian dilakukan dari proses dan hasil. Penilaian proses dilakukan melalui penilaian observasi aktivitas belajar siswa meliputi *visual activities* (memperhatikan penjelasan guru); *oral activities* (mengajukan pertanyaan, menjawab pertanyaan, mengkomunikasikan hasil diskusi), *listening activities* (mendengarkan presentasi atau pendapat teman; *writing activities* (mencatat hasil diskusi atau percobaan) dan *motor activities* (melakukan percobaan). Sedangkan penilaian hasil dilakukan melalui tes uraian.

2. Instrumen Penilaian

- Tes tertulis– terlampir.
- Lembar Observasi aktivitas belajar siswa – terlampir.

Jember,

Guru Bidang Studi Fisika,

Peneliti,

Dina Rizqi Hadiyanti
NIM. 140210102053

LAMPIRAN C3. RPP 3**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN
(RPP)**

Nama Sekolah : SMAN Pakusari
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas / Semester : XI / Ganjil
Materi Pokok : Elastisitas dan Hukum Hooke
Sub Pokok Bahasan : Susunan Pegas Seri-Paralel
Alokasi Waktu : 2 X 45 menit (2 JP)

A. Kompetensi Inti

1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, percaya diri, dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya terkait fenomena dan kejadian tampak mata.
4. Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkret (menggunakan, mengurai, merangkai, memodifikasi, dan membuat) dan ranah abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang/teori.

B. Kompetensi Dasar

- 3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari.
- 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya.

C. Indikator

3.2.5 menganalisis susunan pegas seri-paralel

4.2.4 melakukan eksperimen tentang Susunan Pegas Seri-Paralel.

D. Tujuan Pembelajaran

3.2.5.1 Siswa dapat menganalisis susunan pegas seri-paralel Pegas melalui ceramah, diskusi dan tanya jawab dengan benar.

4.2.4.1 Siswa dapat menganalisis Susunan Pegas Seri dan Paralel melalui eksperimen, diskusi, penugasan dan presentasi dengan baik.

E. Materi Pembelajaran

1. Fakta

- a. Benda yang elastis: karet, pegas, kayu, besi, dan lain-lain
- b. Benda yang tidak elastis: plastisin, pasir, dan lain-lain

2. Konsep

- a. Pengertian elastisitas
- b. Tegangan, regangan, dan modulus elastisitas
- c. Konstanta pegas

3. Prinsip

- a. Hukum Hooke
- b. Susunan seri dan paralel pegas
- c. Energi potensial pegas

4. Prosedur

- a. Percobaan Hukum Hooke
- b. Percobaan Susunan Seri dan Paralel Pegas

F. Metode Pembelajaran

1. Pendekatan : Pendekatan Kontekstual

2. Model : *PBL (Problem Based Learning)*

3. Metode : 1. Ceramah
2. Tanya jawab
3. Diskusi
4. Demonstrasi
5. Eksperimen
6. Presentasi

G. Media, Alat / Bahan dan Sumber Belajar

1. Media : Simulasi PhET, Powerpoint, Video, LKS.
2. Alat dan bahan
Alat : Proyektor, spidol, papan tulis.
Bahan : -
3. Sumber Belajar :
 - a. Kanginan, Marthen. 2013. Fisika untuk SMA/MA Kelas X. Jakarta: Erlangga.
 - b. Lembar Kerja Siswa
 - c. Internet

H. Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Belajar	Deskripsi	Waktu (menit)
Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan salam dan berdoa bersama (sebagai implementasi nilai religius). • Guru mengabsen, mengondisikan kelas dan pembiasaan (sebagai implementasi nilai disiplin). • Apersepsi: <ol style="list-style-type: none"> a. Mengaitkan materi dengan materi 	15

	<p>sebelumnya : "Sebentar, adakah yang masih ingat kemarin lalu kita belajar tentang Bab apa?</p> <p>b. Guru menampilkan video mengenai Susunan Seri-Paralel Pegas, sambil menanggapi isi video tersebut.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memotivasi: Guru menanyakan: "dari video yang ibu putar tadi, apa yang dapat kalian peroleh?" • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran. 	
<p>Kegiatan inti</p> <p>Fase 1</p> <p>Orientasi siswa pada masalah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menyajikan informasi kepada siswa tentang Susunan Seri-Paralel Pegas. • Siswa diberi kesempatan untuk bertanya. • Guru memberikan permasalahan kepada siswa berkaitan tentang materi Susunan Seri-Paralel Pegas. 	65
<p>Fase 2</p> <p>Mengorganisasi siswa untuk belajar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membagi siswa ke dalam beberapa kelompok beranggotakan 4-5 siswa secara heterogen. • Guru membagikan LKS kepada tiap-tiap kelompok untuk didiskusikan bersama 	
<p>Fase 3</p> <p>Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru mendemonstrasikan penggunaan media PhET yang akan di gunakan sebagai alat eksperimen berbentuk simulasi. • Guru membimbing siswa untuk menyelesaikan permasalahan melalui PhET. • Guru meminta siswa dan kelompoknya untuk berdiskusi dalam penyelesaian 	

	<p>masalah yang ada di LKS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru membolehkan siswa mencari solusi dari buku, internet maupun sumber lain terkait dengan mengidentifikasi masalah yang diberikan guru. 	
<p>Fase 4</p> <p>Mengembangkan dan menyajikan hasil karya</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing siswa dalam membuat lembar pelaporan terkait dengan solusi yang ditemukan untuk mengatasi masalah yang ada. • Guru meminta perwakilan dari setiap kelompok bergantian untuk mempresentasikan hasil karyanya dan siswa dari kelompok lain menanggapi dan mengajukan pertanyaan. 	
<p>Fase 5</p> <p>Menganalisis dan mengevaluasi hasil pemecahan masalah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menganalisis hasil diskusi kelompok dengan meluruskan jawaban siswa. • Guru bersama siswa menyimpulkan materi yang telah dipelajari dan siswa diperkenankan untuk mengajukan pertanyaan jika belum mengerti. 	
<p>Penutup</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tindak lanjut: penugasan untuk mempelajari tentang materi selanjutnya • Salam dan doa untuk mengakhiri proses KBM 	10

I. Penilaian

1. Mekanisme dan prosedur

Penilaian dilakukan dari proses dan hasil. Penilaian proses dilakukan melalui penilaian observasi aktivitas belajar siswa meliputi *visual activities* (memperhatikan penjelasan guru); *oral activities* (mengajukan pertanyaan, menjawab pertanyaan, mengkomunikasikan hasil diskusi), *listening activities* (mendengarkan presentasi atau pendapat teman; *writing activities* (mencatat hasil diskusi atau percobaan) dan *motor activities* (melakukan percobaan). Sedangkan penilaian hasil dilakukan melalui tes uraian.

2. Instrumen Penilaian

- Tes tertulis (LP-01) – terlampir.
- Lembar Observasi aktivitas belajar siswa (LP-02) – terlampir.

Jember,

Guru Bidang Studi Fisika,

Peneliti,

Dina Rizqi Hadiyanti
NIM. 140210102053

LAMPIRAN C4. RPP 4**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN
(RPP)**

Nama Sekolah : SMAN Pakusari
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas / Semester : XI / Ganjil
Materi Pokok : Elastisitas dan Hukum Hooke
Sub Pokok Bahasan : Energi Potensial Pegas
Alokasi Waktu : 2 X 45 menit (2 JP)

A. Kompetensi Inti

1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, percaya diri, dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya terkait fenomena dan kejadian tampak mata.
4. Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkret (menggunakan, mengurai, merangkai, memodifikasi, dan membuat) dan ranah abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang/teori.

B. Kompetensi Dasar

- 3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari.
- 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya.

C. Indikator

- 3.2.6 menentukan energi potensial pegas.
- 3.2.7 menjelaskan pemanfaatan sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari.
- 4.2.4 menganalisis dan menyajikan data hasil percobaan energi potensial pegas.

D. Tujuan Pembelajaran

- 3.2.6.1 Siswa dapat menentukan energi potensial pegas melalui ceramah, diskusi dan tanya jawab dengan benar.
- 3.2.7.1 Siswa dapat menjelaskan pemanfaatan sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari melalui ceramah, diskusi dan tanya jawab dengan benar.
- 4.2.4.1 Siswa dapat menganalisis dan menyajikan data hasil percobaan energi potensial pegas melalui eksperimen, diskusi, penugasan dan presentasi dengan baik.

E. Materi Pembelajaran

- 1. Fakta
 - a. Benda yang elastis: karet, pegas, kayu, besi, dan lain-lain
 - b. Benda yang tidak elastis: plastisin, pasir, dan lain-lain
- 2. Konsep
 - a. Pengertian elastisitas
 - b. Tegangan, regangan, dan modulus elastisitas
 - c. Konstanta pegas
- 3. Prinsip
 - a. Hukum Hooke
 - b. Susunan seri dan paralel pegas
 - c. Energi potensial pegas

4. Prosedur

- a. Percobaan Hukum Hooke
- b. Percobaan Susunan Seri dan Paralel Pegas

F. Metode Pembelajaran

1. Pendekatan : Pendekatan Kontekstual
2. Model : *PBL (Problem Based Learning)*
3. Metode :
 1. Ceramah
 2. Tanya jawab
 3. Diskusi
 4. Demonstrasi
 5. Eksperimen
 6. Presentasi

G. Media, Alat / Bahan dan Sumber Belajar

1. Media : Simulasi PhET, Powerpoint, Video, LKS.
2. Alat dan bahan
Alat : Proyektor, spidol, papan tulis.
Bahan : -
3. Sumber Belajar :
 - a. Kanginan, Marthen. 2013. Fisika untuk SMA/MA Kelas X. Jakarta: Erlangga.
 - b. Lembar Kerja Siswa
 - c. Internet

H. Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Belajar	Deskripsi	Waktu (menit)
Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan salam dan berdoa bersama (sebagai implementasi nilai religius). • Guru mengabsen, mengondisikan kelas dan pembiasaan (sebagai implementasi nilai disiplin). • Apersepsi: <ol style="list-style-type: none"> a. Mengaitkan materi dengan materi sebelumnya : "Sebentar, adakah yang masih ingat kemarin lalu kita belajar tentang Bab apa? b. Guru menampilkan video mengenai energi potensial pegas, sambil menanggapi isi video tersebut. • Memotivasi: Guru menanyakan: "dari video yang ibu putar tadi, apa yang dapat kalian peroleh?" • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran. 	15
Kegiatan inti Fase 1 Orientasi siswa pada masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menyajikan informasi kepada siswa tentang energi potensial pegas. • Siswa diberi kesempatan untuk bertannya. • Guru memberikan permasalahan kepada siswa berkaitan tentang materi energi potensial pegas. 	65

<p>Fase 2</p> <p>Mengorganisasi siswa untuk belajar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membagi siswa ke dalam beberapa kelompok beranggotakan 4-5 siswa secara heterogen. • Guru membagikan LKS kepada tiap-tiap kelompok untuk didiskusikan bersama 	
<p>Fase 3</p> <p>Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru mendemonstrasikan penggunaan media PhET yang akan di gunakan sebagai alat eksperimen berbentuk simulasi. • Guru membimbing siswa untuk menyelesaikan permasalahan melalui PhET. • Guru meminta siswa dan kelompoknya untuk berdiskusi dalam penyelesaian masalah yang ada di LKS • Guru membolehkan siswa mencari solusi dari buku, internet maupun sumber lain terkait dengan mengidentifikasi masalah yang diberikan guru. 	
<p>Fase 4</p> <p>Mengembangkan dan menyajikan hasil karya</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing siswa dalam membuat lembar pelaporan terkait dengan solusi yang ditemukan untuk mengatasi masalah yang ada. • Guru meminta perwakilan dari setiap kelompok bergantian untuk mempresentasikan hasil karyanya dan siswa dari kelompok lain menanggapi dan mengajukan pertanyaan. 	
<p>Fase 5</p> <p>Menganalisis dan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menganalisis hasil diskusi kelompok dengan meluruskan jawaban siswa. 	

mengevaluasi hasil pemecahan masalah	<ul style="list-style-type: none"> Guru bersama siswa menyimpulkan materi yang telah dipelajari dan siswa diperkenankan untuk mengajukan pertanyaan jika belum mengerti. 	
Penutup	<ul style="list-style-type: none"> Tindak lanjut: penugasan untuk mempelajari tentang materi selanjutnya Salam dan doa untuk mengakhiri proses KBM 	10

I. Penilaian

1. Mekanisme dan prosedur

Penilaian dilakukan dari proses dan hasil. Penilaian proses dilakukan melalui penilaian observasi aktivitas belajar siswa meliputi *visual activities* (memperhatikan penjelasan guru); *oral activities* (mengajukan pertanyaan, menjawab pertanyaan, mengkomunikasikan hasil diskusi), *listening activities* (mendengarkan presentasi atau pendapat teman); *writing activities* (mencatat hasil diskusi atau percobaan) dan *motor activities* (melakukan percobaan). Sedangkan penilaian hasil dilakukan melalui tes uraian.

2. Instrumen Penilaian

- Tes tertulis (LP-01) – terlampir.
- Lembar Observasi aktivitas belajar siswa (LP-02) – terlampir.

Jember,

Guru Bidang Studi Fisika,

Peneliti,

Dina Rizqi Hadiyanti
NIM. 140210102053

LAMPIRAN D1. LKS 1

**LEMBAR KERJA SISWA
SIFAT-SIFAT ELASTISITAS BAHAN**

NAMA KELOMPOK :

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

KELAS :

KOMPETENSI DASAR :

A. TUJUAN

Setelah melakukan percobaan ini, diharapkan siswa dapat menentukan modulus young suatu bahan.

B. DASAR TEORI

Sifat elastis atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihilangkan (bebas).

1. Tegangan/Stress(σ)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

2. Regangan/Strain(e)

$$e = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$$

3. Modulus Elastisitas/Modulus Young(E)

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta \ell}{\ell_0}}$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$$

Keterangan:

σ = Tegangan (Nm^{-2} / Pa)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m^2)

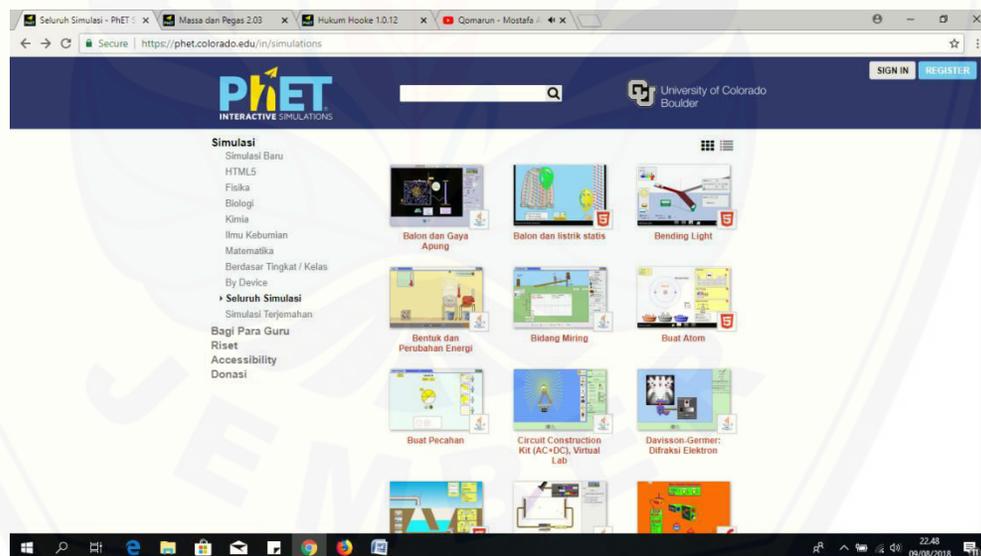
e = Regangan

$\Delta \ell$ = Pertambahan panjang (m)

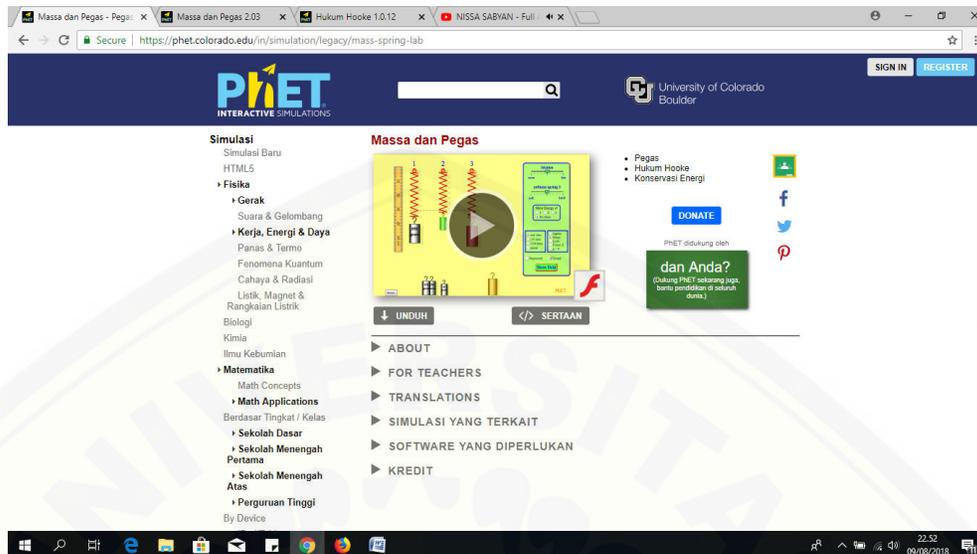
ℓ_0 = Panjang mula-mula (m)

C. LANGKAH PERCOBAAN SIMULASI PhET

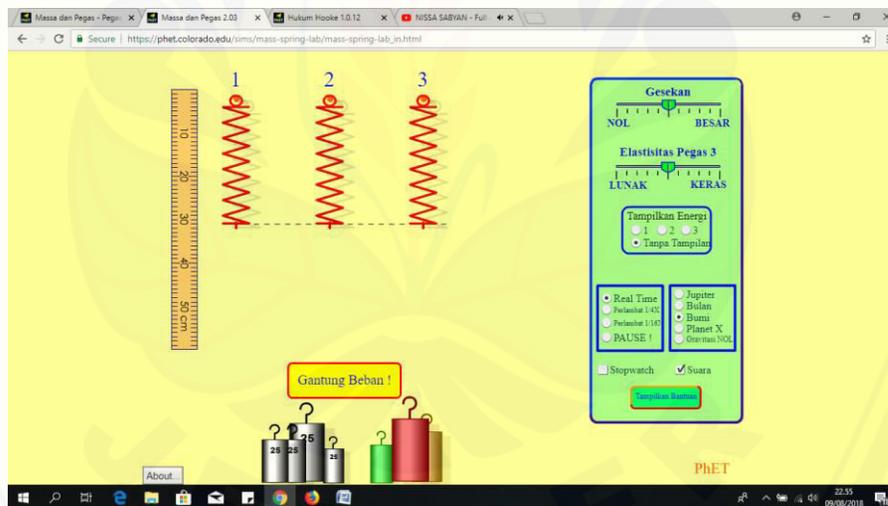
1. Buka PhET simulations, sehingga muncul tampilan seperti berikut:



2. Ketik pada kotak pencarian “ massa dan pegas”, kemudian klik dua kali pada percobaan massa dan pegas, lalu akan muncul tampilan sebagai berikut:



3. Klik dua kali pada tombol play pada percobaan massa dan pegas, lalu akan muncul tampilan seperti ini:



4. Ukur panjang mula-mula pegas, kemudian catat pada tabel hasil pengamatan.
5. Gantungkan beban 50 gr pada pegas 1, beban 100 gr pada pegas 2 dan beban 250 gr pada pegas 3.
6. Ukur pertambahan panjang pegas 1, 2 dan 3 setelah di beri beban, kemudian catat pada tabel hasil pengamatan.
7. Lengkapi data yang kosong pada tabel hasil pengamatan.
8. Jawablah pertanyaan pada bagian E

9. Berilah kesimpulan.

D. HASIL DAN ANALISIS DATA

ℓ_0 (m)	m (kg)	$\Delta\ell$ (m)	F (N)	A (m ²)	σ (Nm ⁻²)	e	E (Nm ⁻²)

E. PERTANYAAN

1. Jelaskan pengertian tegangan, regangan dan modulus elastisitas !
2. Tentukan nilai modulus elastisitas pegas tersebut!
3. Gambarkan grafik hubungan antara tegangan dan regangan dari data hasil pengamatan! Jelaskan!
4. Gambarkan besaran-besaran yang ada pada proses pertambahan panjang beban ketika diberi suatu beban bermassa X!

F. KESIMPULAN

~selamat mengerjakan~

LAMPIRAN D2. LKS 2

**LEMBAR KERJA SISWA
HUKUM HOOKE**

NAMA KELOMPOK :

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

KELAS :

KOMPETENSI DASAR :

A. TUJUAN

Setelah melakukan percobaan ini, diharapkan siswa dapat menentukan nilai konstanta pegas dan energi potensial pegas.

B. DASAR TEORI

Pada Hukum Hooke gaya dipengaruhi oleh konstanta pegas dan pertambahan panjang, dimana konstanta pegas sebanding dengan pertambahan panjang. Secara matematis dapat dirumuskan:

$$F = k \cdot \Delta x$$

Robert Hooke mengemukakan: "Jika gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas, maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus (sebanding) dengan gaya tariknya". Pernyataan Robert Hooke ini dikenal dengan hukum Hooke. Tetapan gaya elastis berdasarkan hukum Hooke dapat dirumuskan:

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

Keterangan:

F= gaya (N)

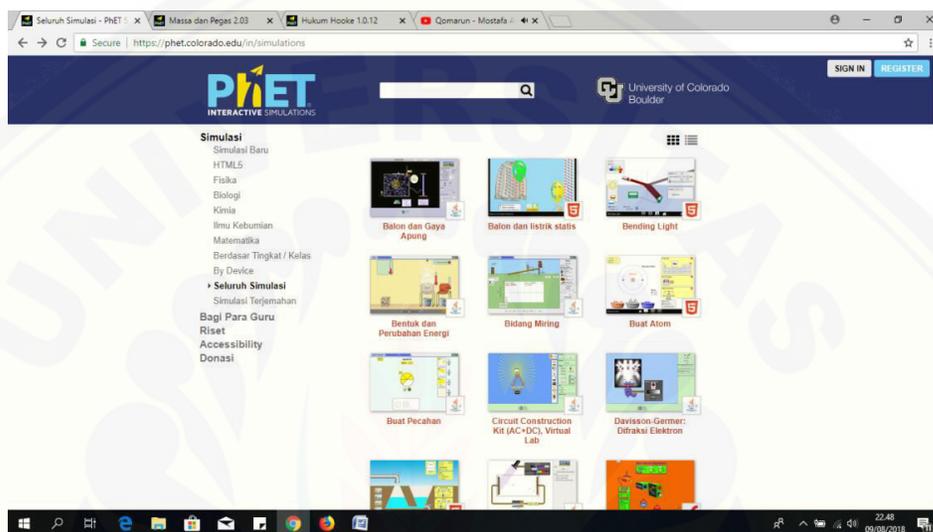
K= konstanta pegas (N/m)

Δx = pertambahan panjang (m)

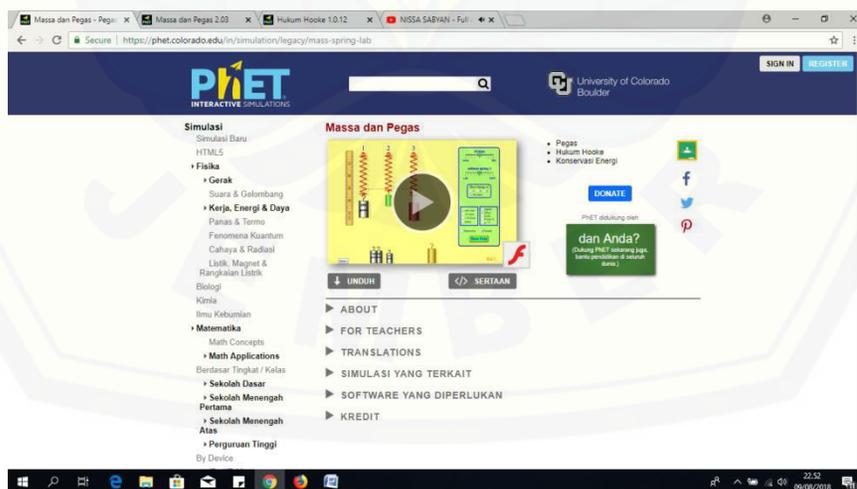
X = panjang bebas benda /panjang benda tanpa ditarik (m)

C. LANGKAH PERCOBAAN SIMULASI PhET

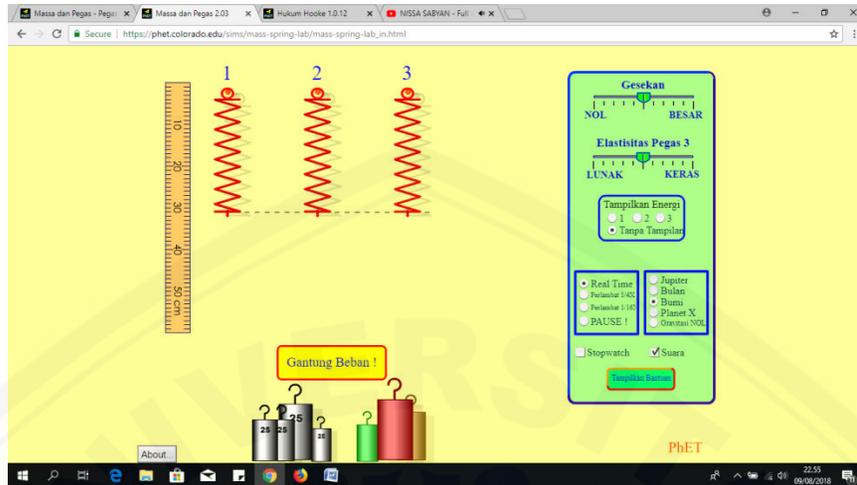
1. Buka PhET simulations, sehingga muncul tampilan seperti berikut:



2. Ketik pada kotak pencarian “ massa dan pegas”, kemudian klik dua kali pada percobaan massa dan pegas, lalu akan muncul tampilan sebagai berikut:



3. Klik dua kali pada tombol play pada percobaan massa dan pegas, lalu akan muncul tampilan seperti ini:



4. Ukur panjang mula-mula pegas, kemudian catat pada tabel hasil pengamatan.
5. Gantungkan beban 50 gr pada pegas 1, beban 100 gr pada pegas 2 dan beban 250 gr pada pegas 3.
6. Ukur pertambahan panjang pegas 1,2 dan 3 setelah di beri beban, kemudian catat pada tabel hasil pengamatan.
7. Lengkapi data yang kosong pada tabel hasil pengamatan.
8. Jawablah pertanyaan pada bagian E
9. Berilah kesimpulan.

D. HASIL DAN ANALISIS DATA

x (m)	m (kg)	Δx (m)	F (N)	$\frac{F}{\Delta x}$

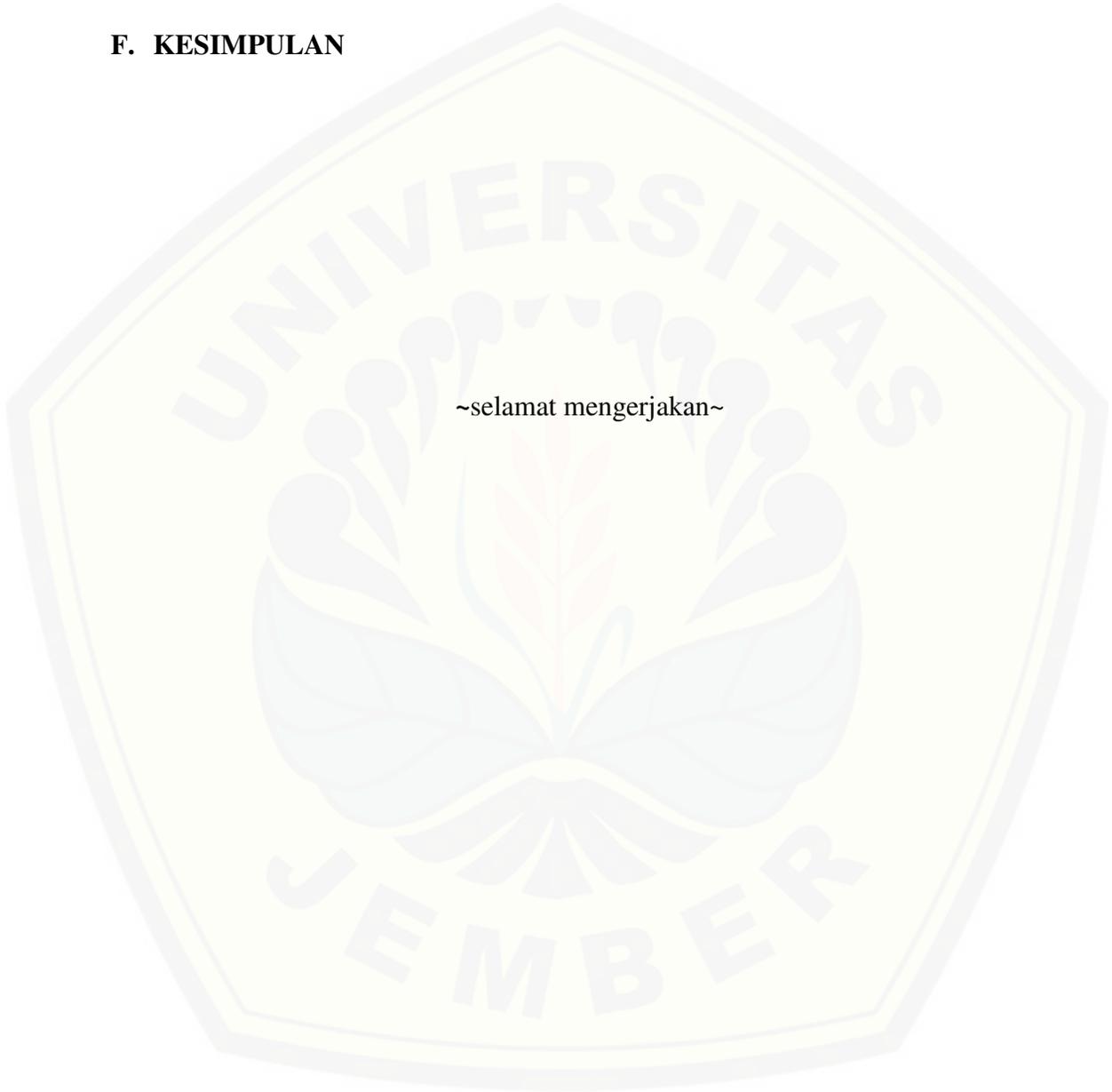
E. PERTANYAAN

1. Apakah yang terjadi saat pegas tanpa beban?
2. Bagaimanakah bentuk pegas saat setelah diberi beban?
3. Apa yang terjadi jika pegas terus menerus di beri tambahan beban?

4. Gambarkan grafik hubungan gaya tarik terhadap pertambahan panjang pegas! jelaskan!

F. KESIMPULAN

~selamat mengerjakan~



LAMPIRAN D3. LKS 3

**LEMBAR KERJA SISIWA
SUSUNAN PEGAS SERI-PARALEL****NAMA KELOMPOK :**

- | | |
|----|----|
| 1. | 4. |
| 2. | 5. |
| 3. | 6. |

KELAS :**KOMPETENSI DASAR :****A. TUJUAN**

Setelah melakukan percobaan ini, diharapkan siswa dapat:

1. Menentukan konstanta pengganti pegas susunan seri dan paralel
2. Menyelidiki hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang pegas

B. DASAR TEORI**1. Susunan Pegas Seri**

Ketika dua buah pegas disusun secara seri, maka akan berlaku beberapa sifat berikut:

- a. $F_1 = F_2 = W = m \cdot g$
- b. $\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$
- c. $\frac{1}{k_p} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$

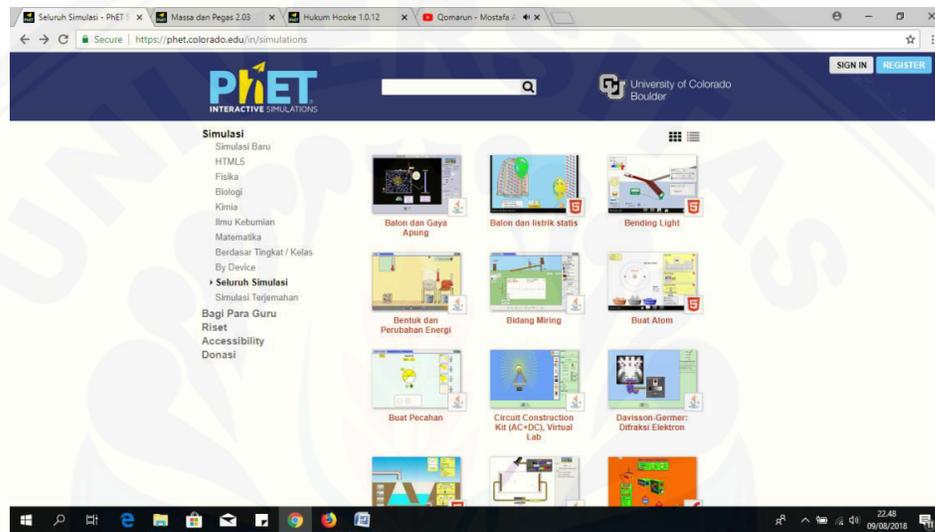
2. Susunan Pegas Paralel

Ketika dua buah pegas disusun secara paralel, maka akan berlaku beberapa sifat berikut:

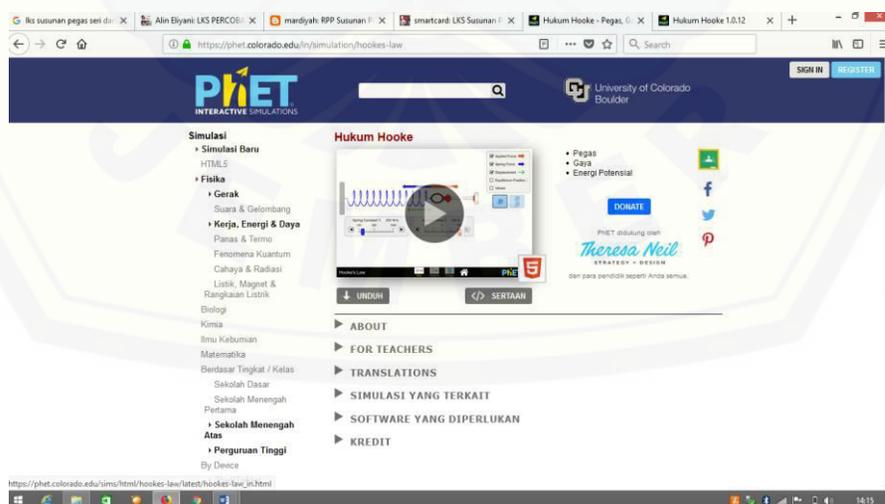
- a. $F = W = F_1 + F_2$
- b. $\Delta L = \Delta L_1 = \Delta L_2$
- c. $k_p = k_1 + k_2$

C. LANGKAH PERCOBAAN SIMULASI PhET

1. Buka PhET simulations, sehingga muncul tampilan seperti berikut:



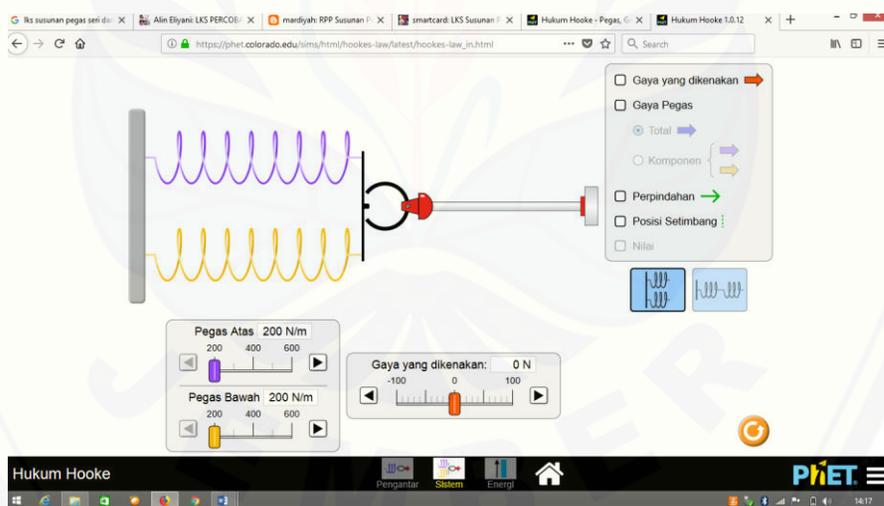
2. Ketik pada kotak pencarian “ Hukum Hooke”, kemudian klik dua kali pada percobaan massa dan pegas, lalu akan muncul tampilan sebagai berikut:



3. Klik dua kali pada tombol play pada percobaan Hukum Hooke, lalu akan muncul tampilan seperti ini:



4. Klik pada kotak dialog dengan judul “Sistem”, sehingga akan muncul tampilan seperti:



5. Dengarkan penjelasan dari gurumu tentang fungsi-fungsi tombol dan gambar pada simulasi tersebut.
6. Centang kotak gaya yang dikenakan, gaya pegas (komponen), perpindahan dan kotak nilai.

7. Atur susunan pegas seri dengan klik kotak biru dengan gambar pegas tersusun seri dan klik kotak biru dengan gambar pegas tersusun paralel.
8. Atur besar gaya (F) yang diinginkan pada kotak bawah dengan judul “Gaya yang dikenakan”.
9. Geser tombol biru pada kotak pegas atas dan tombol kuning pada kotak pegas bawah Untuk mengatur nilai konstanta pegas 1 dan 2 (pegas atas = pegas 1, pegas bawah = pegas 2)
10. Catat nilai pertambahan panjang pada tabel hasil pengamatan dan lengkapi data yang lainnya.
11. Jawablah pertanyaan pada bagian E
12. Berilah kesimpulan.

D. HASIL DAN ANALISIS DATA

Susunan Pegas	F=W (N)	F1 (N)	F2 (N)	Pertambahan Panjang $\Delta L(m)$	k1 (N/m)	k2 (N/m)	Konstanta pengganti Pegas (Kp) (N/m)
Seri	25				400	400	
	50				400	400	
	75				400	400	
Paralel	25				400	400	
	50				400	400	
	75				400	400	

E. PERTANYAAN

1. Gambarkan pegas yang disusun seri dan disusun paralel dengan besaran-besaran yang menyertainya!
2. Berapakah nilai konstanta pengganti pegas pada saat pegas disusun seri dan disusun paralel ?

3. Jelaskan pertambahan panjang pegas saat pegas disusun seri dan disusun paralel!
4. Gambarkan dan jelaskan grafik hubungan antara gaya yang diberikan dengan pertambahan panjang pegas pada susunan pegas seri dan paralel!

F. KESIMPULAN

~selamat mengerjakan~

LAMPIRAN D4. LKS 4

**LEMBAR KERJA SISWA
ENERGI POTENSIAL PEGAS****NAMA KELOMPOK :**

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

KELAS :**KOMPETENSI DASAR :****A. TUJUAN**

Setelah melakukan percobaan ini, diharapkan siswa dapat menganalisis dan menentukan energi potensial suatu pegas.

B. DASAR TEORI

Secara umum, energi potensial benda oleh pegas yang menyimpang sejauh x dari posisi setimbang adalah

$$U(x) = E_p = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$$

dengan:

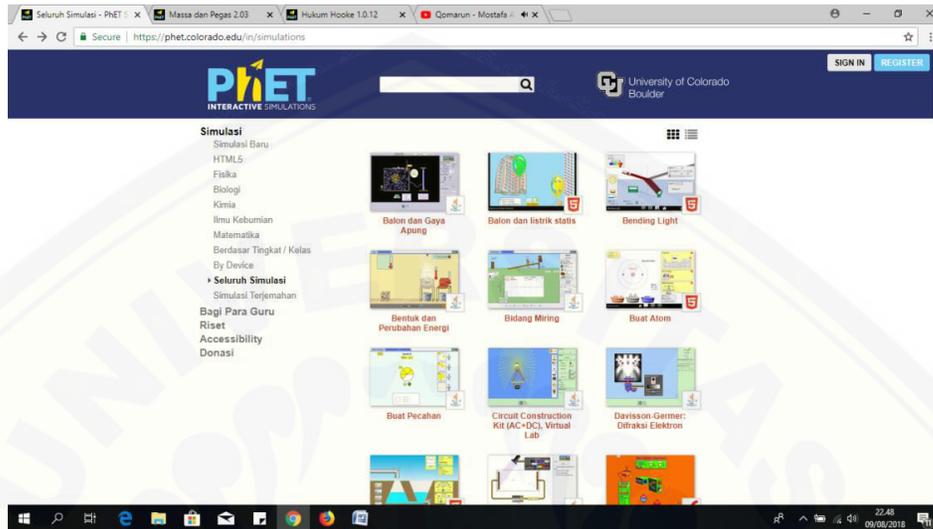
E_p = energi potensial pegas (J)

k = konstanta gaya pegas (N/m)

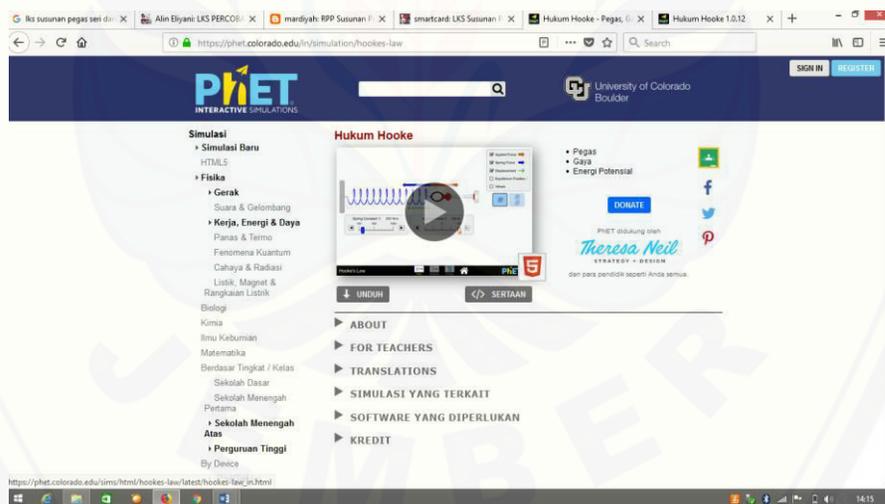
Δx = pertambahan panjang pegas (m)

C. LANGKAH PERCOBAAN SIMULASI PhET

1. Buka PhET simulations, sehingga muncul tampilan seperti berikut:



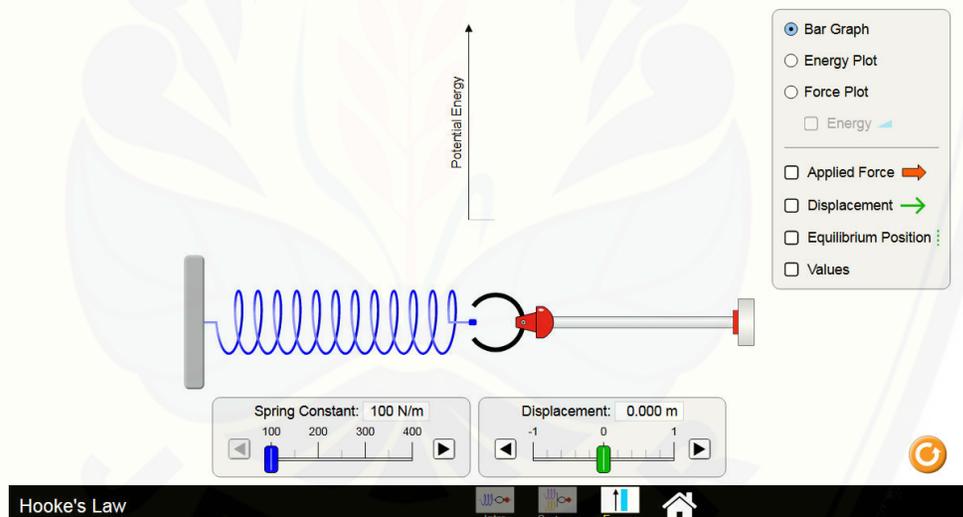
2. Ketik pada kotak pencarian “ Hukum Hooke”, kemudian klik dua kali pada percobaan massa dan pegas, lalu akan muncul tampilan sebagai berikut:



3. Klik dua kali pada tombol play pada percobaan Hukum Hooke, lalu akan muncul tampilan seperti ini:



4. Klik pada kotak dialog dengan judul “Energi”, sehingga akan muncul tampilan seperti:



5. Dengarkan penjelasan dari gurumu tentang fungsi-fungsi tombol dan gambar pada simulasi tersebut.
6. Centang kotak bar graph, displacement dan values pada kotak kanan atas.
7. Untuk percobaan 1, atur nilai pertambahan panjang pada kotak *displacement* pada nilai 0,3.
8. Catat nilai energi potensial dengan menggunakan 3 nilai konstanta pegas yang berbeda.

9. Untuk percobaan 2, atur nilai konstanta pegas pada kotak *spring constant* pada nilai 200.
10. Catat nilai energi potensial dengan menggunakan 3 nilai pertambahan yang berbeda.
11. Jawablah pertanyaan pada bagian E
12. Berilah kesimpulan.

D. HASIL DAN ANALISIS DATA

1. Hubungan konstanta pegas dengan Energi Potensial Pegas

k (N/m)	Δx (m)	Ep(J)
	0,3	
	0,3	
	0,3	

2. Hubungan pertambahan panjang dengan Energi Potensial Pegas

k (N/m)	Δx (m)	Ep(J)
200		
200		
200		

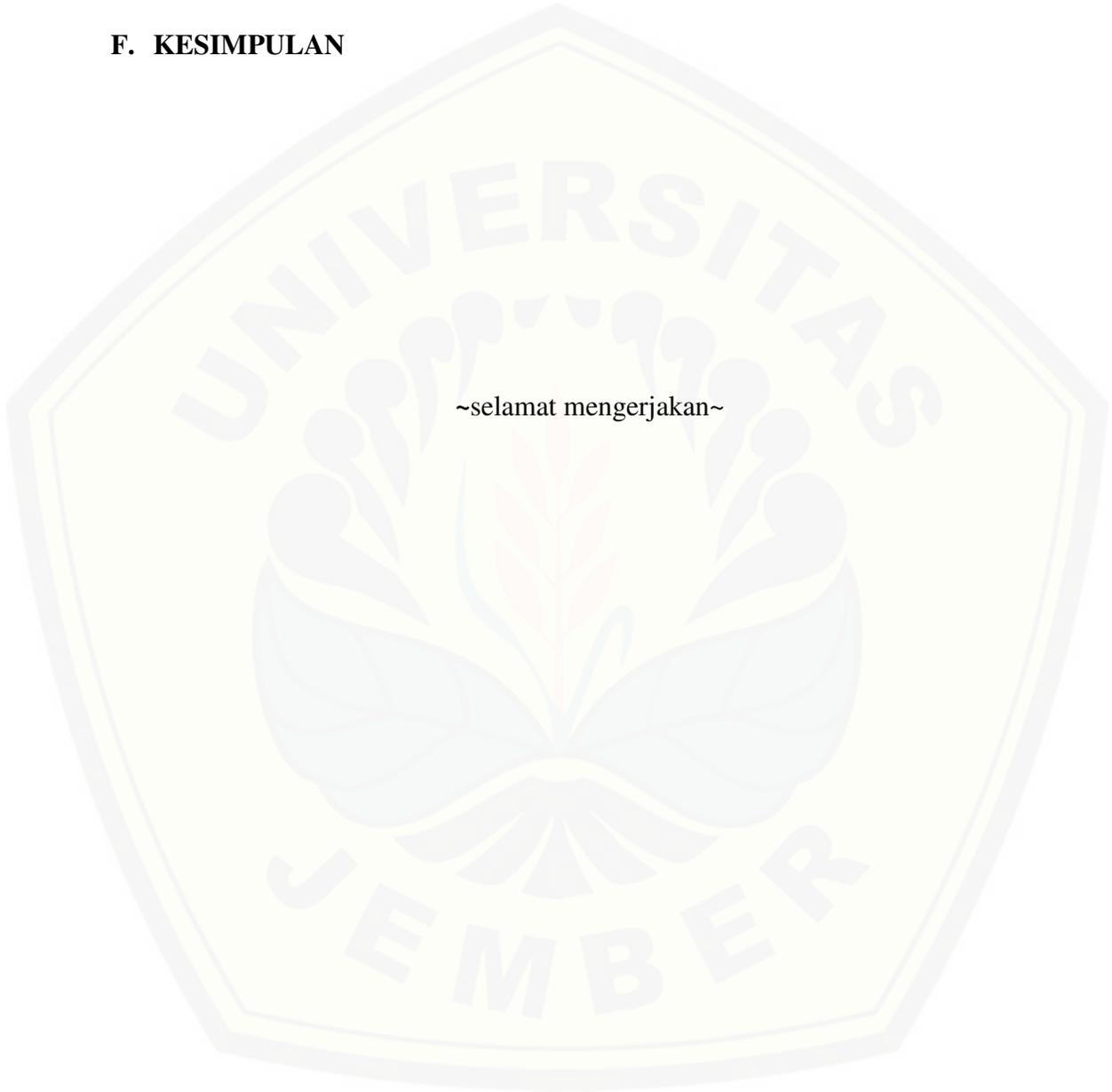
E. PERTANYAAN

1. Gambarkan grafik hubungan antara konstanta pegas dengan energi potensial pegas!
2. Gambarkan grafik hubungan antara pertambahan panjang dengan energi potensial pegas!
3. Bagaimana hubungan antara konstanta pegas dengan energi potensial pegas?
4. Bagaimana hubungan antara pertambahan panjang dengan energi potensial pegas

5. Tuliskan persamaan matematis energi potensial pegas berdasarkan penurunan dari persamaan hukum hooke!

F. KESIMPULAN

~selamat mengerjakan~



LAMPIRAN E1. SOAL PRETEST 1**SOAL PRETEST 1****Sifat-Sifat Elastisitas Bahan****Waktu: 30 Menit**

Nama :

No. Absen :

Kelas :

Kerjakan Soal soal uraian dibawah ini dengan cermat dan teliti!

1. Sepotong kawat homogen panjangnya 140 cm dan luas penampangnya 2 mm^2 . Ketika ditarik dengan gaya sebesar 100 N, bertambah panjang 1 mm. Tentukan Modulus elastik kawat tersebut! (UN, 2012)
2. Gambarkan:
 - a. grafik tegangan terhadap regangan dengan menunjukkan batas elastis, batas hukum hooke, titik tekuk dan tegangan maksimum! Jelaskan!
 - b. proses suatu sampel logam diberi gaya (beban) yang membesar secara perlahan dan membuat logam tersebut akhirnya patah dengan mengalami deformasi elastis!

LAMPIRAN E2. SOAL PRETEST 2**SOAL PRETEST****Hukum Hooke****Waktu: 30 Menit**

Nama :

No. Absen :

Kelas :

Kerjakan Soal soal uraian dibawah ini dengan cermat dan teliti!

1. Dari percobaan menentukan elastisitas karet dengan menggunakan karet ban diperoleh data seperti tabel berikut.

No.	F (N)	Δx (m)
1	9	$3,5 \times 10^{-2}$
2	7	$2,5 \times 10^{-2}$
3	6	$1,5 \times 10^{-2}$
4	10	$4,5 \times 10^{-2}$
5	8	$3,3 \times 10^{-2}$

Tentukan:

- a. Konstanta pegas yang paling besar ?
 - b. grafik hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang? jelaskan !
(UN, 2011)
2. Gambarkan dan lengkapi besaran-besaran yang menyertainya jika diketahui sebuah pegas diberi beban 2 kg mengalami pertambahan panjang 5 cm dengan percepatan gravitasi bumi 10 m.s^{-2} dan diketahui energi potensial pegas sebesar 0,5 Joule ! (UN, 2012)

LAMPIRAN E3. SOAL PRETEST 3**SOAL PRETEST****Susunan Pegas Seri dan Paralel****Waktu: 30 Menit**

Nama :

No. Absen :

Kelas :

Kerjakan Soal soal uraian dibawah ini dengan cermat dan teliti!

1. Jika dua buah pegas identik disusun paralel pada suatu percobaan dengan diketahui: (konstanta pegas 200 N/m)

No.	Beban (kg)	Pertambahan panjang (m)
1	3	0,075
2	4	0,1
3	5	0,125
4	6	0,15

Tentukan grafik hubungan antara massa beban dengan pertambahan panjang pegas. Jelaskan ! (UN, 2011)

2. Diketahui tiga buah pegas dirangkai seri dan paralel , pegas 1 dan 2 disusun seri dan gabungan pegas 1 dan 2 disusun paralel dengan pegas 3, masing-masing konstanta pegas $k_1 = k_2 = 3 \text{ Nm}^{-1}$ dan $k_3 = 6 \text{ Nm}^{-1}$. tentukan konstanta pengganti pegas serta Gambarkan rangkaian susunan pegas dan besaran-besarannya ! (UN, 2009)

LAMPIRAN E4. SOAL PRETEST 4**SOAL PRETEST****Energi Potensial Pegas****Waktu: 30 Menit**

Nama :

No. Absen :

Kelas :

Kerjakan Soal soal uraian dibawah ini dengan cermat dan teliti!

1. Sebuah pegas diberi beban 4 kg. Jika pegas mengalami pertambahan panjang 20 cm dan percepatan gravitasi bumi 10 m.s^{-2} . Tentukan:
 - a. Gambarkan gaya yang bekerja pada pegas!
 - b. energi potensial elastis pegas !
 - c. gambarkan grafik hubungan F dengan Δx ! (UN,2012)
2. Jelaskan pemanfaatan pegas pada *spring-bed* !

Gambar. Pegas pada *Spring-bed*

LAMPIRAN E5. SOAL POSTTEST 1**SOAL POSTTEST****Sifat-sifat Elastisitas Bahan****Waktu: 30 Menit**

Nama :

No. Absen :

Kelas :

Kerjakan Soal soal uraian dibawah ini dengan cermat dan teliti!

1. Sepotong kawat homogen panjangnya 100 cm dan luas penampangnya 4 mm^2 . Ketika ditarik dengan gaya sebesar 200 N, bertambah panjang 2 mm. Tentukan Modulus elastik kawat tersebut dan gambarkan lengkap dengan besaran-besaran yang menyertainya ! (UN, 2012)
2. Gambarkan :
 - a. grafik tegangan terhadap regangan dan jelaskan apa yang dimaksud deformasi elastis dan plastis!
 - b. proses suatu sampel logam diberi gaya (beban) yang membesar secara perlahan dan membuat logam tersebut akhirnya patah dengan mengalami deformasi elastis!

LAMPIRAN 6. SOAL POSTTEST 2**SOAL POSTTEST****Hukum Hooke****Waktu: 30 Menit**

Nama :

No. Absen :

Kelas :

Kerjakan Soal soal uraian dibawah ini dengan cermat dan teliti!

1. Dari percobaan menentukan elastisitas karet dengan menggunakan karet ban diperoleh data seperti tabel berikut.

No.	F (N)	Δx (m)
1	10	2
2	20	3
3	30	4
4	40	5

Tentukan:

- c. Konstanta pegas yang paling besar ?
- d. grafik hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang? jelaskan !
(UN, 2011)
2. Gambarkan dan lengkapi besaran-besaran yang menyertainya jika diketahui sebuah pegas diberi beban 4 kg mengalami pertambahan panjang 4 cm dengan percepatan gravitasi bumi 10 m.s^{-2} dan diketahui energi potensial pegas sebesar 1,6 Joule ! (UN, 2012)

LAMPIRAN E7. SOAL POSTTEST 3**SOAL POSTTEST****Susunan Pegas Seri dan Paralel****Waktu: 30 Menit**

Nama :

No. Absen :

Kelas :

Kerjakan Soal soal uraian dibawah ini dengan cermat dan teliti!

1. Jika dua buah pegas identik disusun paralel pada suatu percobaan dengan diketahui: (konstanta pegas 400 N/m)

No.	F (N)	Pertambahan panjang (m)
1	20	0,025
2	40	0,05
3	60	0,075
4	80	0,1

Tentukan grafik hubungan anatara gaya dengan pertambahan panjang pegas. Jelaskan ! (UN, 2011)

2. Diketahui tiga buah pegas dirangkai seri dan paralel , pegas 1 dan 3 disusun seri dan gabungan pegas 1 dan 3 disusun paralel dengan pegas 2, masing-masing konstanta pegas $k_1 = k_3 = 4 \text{ Nm}^{-1}$ dan $k_2 = 8 \text{ Nm}^{-1}$ dan konstanta susunan pegas besarnya 10 Nm^{-1} . Gambarkan rangkaian susunan pegas disertai besaran-besarannya ! (UN, 2009)

LAMPIRAN E8. SOAL POSTTEST 4**SOAL POSTTEST****Energi Potensial Pegas****Waktu: 30 Menit**

Nama :

No. Absen :

Kelas :

Kerjakan Soal soal uraian dibawah ini dengan cermat dan teliti!

1. Sebuah pegas diberi beban 2 kg. Jika pegas mengalami pertambahan panjang 5 cm dan percepatan gravitasi bumi 10 m.s^{-2} . Tentukan:
 - d. Gambarkan gaya yang bekerja pada pegas!
 - e. energi potensial elastis pegas !
 - f. gambarkan grafik hubungan F dengan Δx ! (UN,2012)
2. Jelaskan pemanfaatan pegas dalam Shock-breaker pada sepeda motor !



Gambar. Shock-breaker

LAMPIRAN F1. KISI-KISI SOAL PRETEST1

KISI-KISI SOAL PRETEST

SIFAT-SIFAT ELASTISITAS BAHAN

Satuan Pendidikan : SMAN Pakusari

Jumlah Soal : a

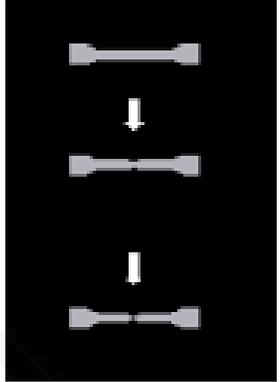
Kelas/Semester : XI/ Ganjil

Bentuk Soal : Uraian

Alokasi Waktu : 30 menit

No.	Kompetensi Dasar	Indikator	No. Soal	Tingkatan Kognitif	Tingkat Kesulitan	Butir Soal	Kunci Jawaban	Skor
1.	3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari. 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna	3.2.2 menentukan tegangan, regangan dan modulus young	1	C3	Sedang	Sepotong kawat homogen panjangnya 140 cm dan luas penampangnya 2 mm ² . Ketika ditarik dengan gaya sebesar 100 N, bertambah panjang 1 mm. Tentukan Modulus elastik kawat tersebut! (UN, 2012)	a. Diketahui : L ₀ = 140 cm = 1,4 m A = 2 mm ² = 2. 10 ⁻⁶ m ² F = 100 N ΔL = 1 mm = 1. 10 ⁻³ m Ditanya : E ? Jawab: Tegangan = $\frac{F}{A} = \frac{100 N}{2.10^{-6}}$ = 50. 10 ⁶ $\frac{N}{m^2}$. Regangan = $\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{10^{-3} m}{1,4 m}$ E = $\frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}} =$ $\frac{50.10^6 \frac{N}{m^2}}{\frac{10^{-3} m}{1,4 m}} = 7.10^{10} \frac{N}{m^2}$ (Representasi Matematik)	25

2.	fisisnya.	3.2.1 menjelaskan karakteristik benda elastis dan tidak elastis	2. a	C2	Sedang	<p>Gambarkan dan jelaskan grafik tegangan terhadap regangan dengan menunjukkan batas elastis, batas hukum hooke, titik tekuk dan tegangan maksimum!</p>	<div data-bbox="1570 240 1900 527" data-label="Figure"> </div> <p data-bbox="1549 544 1837 576"><i>(Representasi Grafik)</i></p> <p data-bbox="1549 617 1911 1161"> Dari O ke B daerah deformasi (perubahan bentuk kawat) adalah elastis. Artinya jika tegangan dihilangkan kawat akan kembali ke bentuk semula. Dalam daerah deformasi elastis berlaku Hukum Hooke. Diatas titik B deformasi kawat adalah plastis. Jika tegangan dihilangkan pada daerah deformasi plastis kawat logam tidak kan kembali ke bentuk semula. </p> <p data-bbox="1549 1169 1837 1201"><i>(Representasi Verbal)</i></p>
----	-----------	--	------	----	--------	---	--

			2.b	C2	Sedang	<p>Gambarkan proses suatu sampel logam diberi gaya (beban) yang membesar secara perlahan dan membuat logam tersebut akhirnya patah dengan mengalami deformasi elastis!</p>	 <p>(Representasi Gambar)</p>	25
Jumlah								100

LAMPIRAN F2. KISI-KISI SOAL PRETEST2

KISI-KISI SOAL PRETEST 2

HUKUM HOOKE

Satuan Pendidikan : SMAN Pakusari

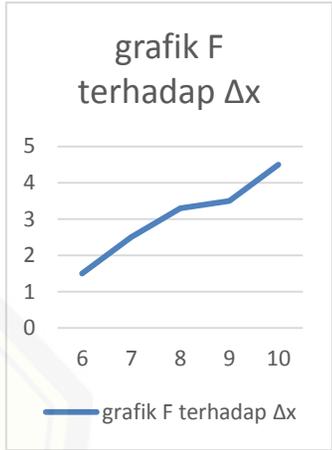
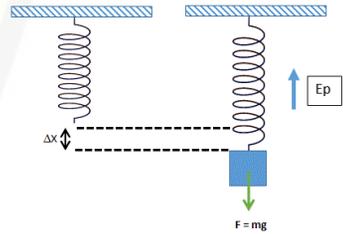
Jumlah Soal : 2

Kelas/Semester : XI/ Ganjil

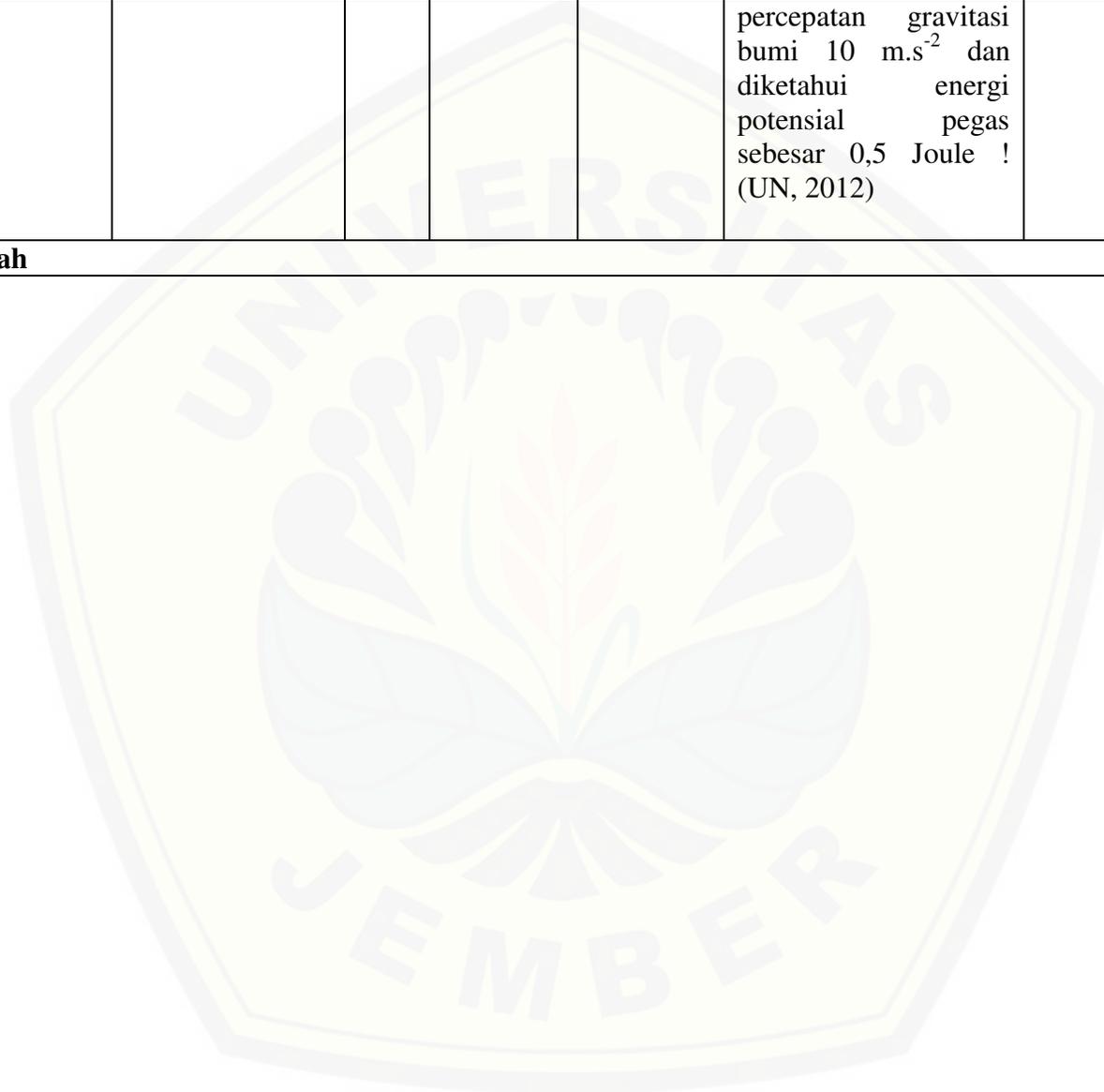
Bentuk Soal : Uraian

Alokasi Waktu : 30 menit

No.	Kompetensi Dasar	Indikator	No. Soal	Tingkatan Kognitif	Tingkat Kesulitan	Butir Soal	Kunci Jawaban	Skor												
1.	3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari. 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya.	3.2.3 menentukan konstanta pegas melalui percobaan Hukum Hooke	1	C3	sedang	<p>Dari percobaan menentukan elastisitas karet dengan menggunakan karet ban diperoleh data seperti tabel berikut.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>F (N)</th> <th>Δx (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9</td> <td>$3,5 \times 10^{-2}$</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7</td> <td>$2,5 \times 10^{-2}$</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6</td> <td>$1,5 \times 10^{-2}$</td> </tr> </tbody> </table>	No.	F (N)	Δx (m)	1	9	$3,5 \times 10^{-2}$	2	7	$2,5 \times 10^{-2}$	3	6	$1,5 \times 10^{-2}$	<p>a.</p> <p>1. $k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{9}{3,5 \cdot 10^{-2}} = 2,5$</p> <p>2. $k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{7}{2,5 \cdot 10^{-2}} = 3$</p> <p>3. $k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{6}{15 \cdot 10^{-2}} = 4$</p> <p>4. $k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{10}{4,5 \cdot 10^{-2}} = 2,2$</p> <p>5. $k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{8}{3,3 \cdot 10^{-2}} = 2,4$</p> <p>Jadi konstanta pegas tertinggi adalah konstanta pegas no.5 (Representasi Matematik)</p>	25
No.	F (N)	Δx (m)																		
1	9	$3,5 \times 10^{-2}$																		
2	7	$2,5 \times 10^{-2}$																		
3	6	$1,5 \times 10^{-2}$																		
								25												

						<table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>10</td> <td>$4,5 \times 10^{-2}$</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>8</td> <td>$3,3 \times 10^{-2}$</td> </tr> </table> <p>Tentukan:</p> <p>a. Konstanta pegas yang paling besar ?</p> <p>b. Grafik hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang? jelaskan ! (UN, 2011)</p>	4	10	$4,5 \times 10^{-2}$	5	8	$3,3 \times 10^{-2}$	<p>b.</p>  <p>(Representasi Grafik)</p> <p>Pertambahan panjang pegas berbanding lurus dengan gaya tariknya, artinya semakin besar gaya tariknya.</p> <p>(Representasi Verbal)</p>	25
4	10	$4,5 \times 10^{-2}$												
5	8	$3,3 \times 10^{-2}$												
2.	3.2.4	menentukan energi potensial pegas.	2.	C2	sedang	<p>Gambarkan dan lengkapi besaran-besaran yang menyertainya jika diketahui sebuah pegas diberi beban 2 kg mengalami pertambahan panjang 5 cm dengan</p>	 <p>(Representasi Gambar)</p>	25						

						percepatan gravitasi bumi 10 m.s^{-2} dan diketahui energi potensial pegas sebesar $0,5 \text{ Joule}$! (UN, 2012)		
	Jumlah							100



LAMPIRAN F3. KISI-KISI SOAL *PRETEST3*

KISI-KISI SOAL *PRETEST 3*

SUSUNAN PEGAS SERI DAN PARALEL

Satuan Pendidikan : SMAN Pakusari

Jumlah Soal : 2

Kelas/Semester : XI/ Ganjil

Bentuk Soal : Uraian

Alokasi Waktu : 30 menit

No.	Kompetensi Dasar	Indikator	No. Soal	Tingkatan Kognitif	Tingkat Kesulitan	Butir Soal	Kunci Jawaban	Skor															
1.	3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari. 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya.	3.2.5 menganalisis susunan pegas seri-paralel	1	C3	sedang	<p>Jika dua buah pegas identik disusun paralel pada suatu percobaan dengan diketahui:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Be ban (kg)</th> <th>Pertamba han panjang (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>0,075</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5</td> <td>0,125</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6</td> <td>0,15</td> </tr> </tbody> </table> <p>(konstanta pegas 200 N/m) Tentukan: Grafik hubungan antara massa beban</p>	No	Be ban (kg)	Pertamba han panjang (m)	1	3	0,075	2	4	0,1	3	5	0,125	4	6	0,15	<p>Grafik Hubungan massa terhadap pertambahan panjang</p> <p>(Representasi Grafik)</p> <p>Pertambahan panjang pegas berbanding lurus dengan massa beban (gaya tariknya), artinya semakin besar massa beban yang semakin besar pula</p>	25
No	Be ban (kg)	Pertamba han panjang (m)																					
1	3	0,075																					
2	4	0,1																					
3	5	0,125																					
4	6	0,15																					

						<p>Berat beban (w) = $m g$ $= (4)(10) = 40$ Newton Ditanya : Energi potensial karet ? Jawab: $k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{40 \text{ N}}{0,20 \text{ m}} = 200 \text{ N/m}$ $E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2 = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 0,2^2 = 100 \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 4 \text{ N.m}$ (Representasi Matematik)</p> <p>c.</p> <p>(Representasi Grafik)</p>		
2.	3.2.7	menjelaskan pemanfaatan sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari.	2.	C2	sedang	4. Jelaskan pemanfaatan pegas pada <i>spring-bed</i> !	<p>Ketika kita duduk atau tidur di atas kasur pegas, gaya berat menekan kasur. Karena mendapat tekanan maka pegas kasur termampatkan. Akibat sifat elastisitasnya, kasur pegas meregang kembali.</p>	25

LAMPIRAN F5. KISI-KISI SOAL POSTTEST 1

KISI-KISI SOAL POSTTEST 1
SIFAT-SIFAT ELASTISITAS BAHAN

Satuan Pendidikan : SMAN Pakusari

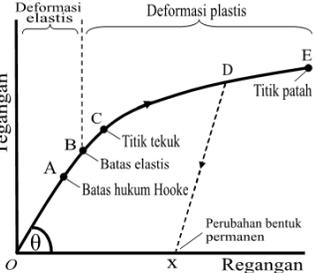
Jumlah Soal : 2

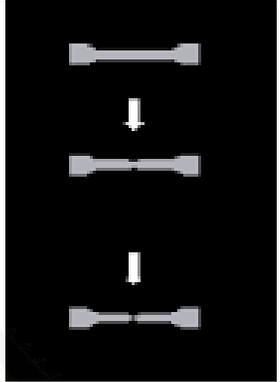
Kelas/Semester : XI/ Ganjil

Bentuk Soal : Uraian

Alokasi Waktu : 30 menit

No.	Kompetensi Dasar	Indikator	No. Soal	Tingkatan Kognitif	Tingkat Kesulitan	Butir Soal	Kunci Jawaban	Skor
1.	3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari. 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan	3.2.2 menentukan tegangan, regangan dan modulus young	1	C3	sedang	Sepotong kawat homogen panjangnya 100 cm dan luas penampangnya 4 mm ² . Ketika ditarik dengan gaya sebesar 200 N, bertambah panjang 2 mm. Tentukan Modulus elastik kawat ! (UN, 2012)	b. Diketahui : $L_0 = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$ $A = 4 \text{ mm}^2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $F = 200 \text{ N}$ $\Delta L = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ Ditanya : E ? Jawab: $\text{Tegangan} = \frac{F}{A} = \frac{200 \text{ N}}{4 \cdot 10^{-4}} = 50 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ $\text{Regangan} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ m}}$ $E = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}} = \frac{50 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ m}}} = 2,5 \cdot 10^{10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ (Representasi Matematik)	25

2.	makna fisisnya.	3.2.1 menjelaskan karakteristik benda elastis dan tidak elastis	2.a	C2	sedang	<p>Gambarkan dan jelaskan grafik tegangan terhadap regangan dengan menunjukkan batas elastis, batas hukum hooke, titik tekuk dan tegangan maksimum!</p>	 <p>(Representasi Grafik) Dari O ke B daerah deformasi (perubahan bentuk kawat) adalah elastis. Artinya jika tegangan dihilangkan kawat akan kembali ke bentuk semula. Dalam daerah deformasi elastis berlaku Hukum Hooke. Diatas titik B deformasi kawat adalah plastis. Jika tegangan dihilangkan pada daerah deformasi plastis kawat logam tidak kembali ke bentuk semula</p> <p>(Representasi Verbal)</p>	25 25
----	-----------------	---	-----	----	--------	---	---	--------------

			2.b	C2	sedang	Gambarkan proses suatu sampel logam diberi gaya (beban) yang membesar secara perlahan dan membuat logam tersebut akhirnya patah dengan mengalami deformasi elastis!	 <p>(Representasi Gambar)</p>	25
Jumlah								100

LAMPIRAN F6. KISI-KISI SOAL *POSTTEST 2*

KISI-KISI SOAL *POSTTEST 2*

HUKUM HOOKE

Satuan Pendidikan : SMAN Pakusari

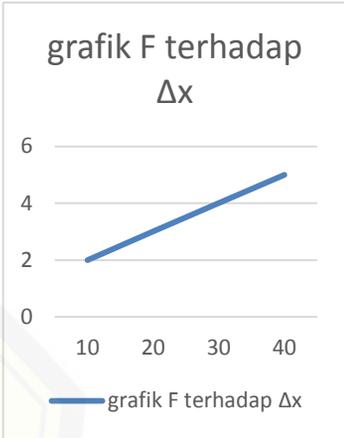
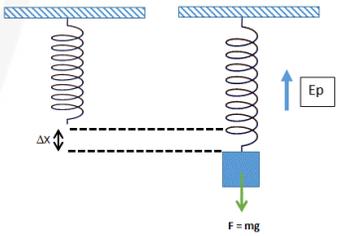
Jumlah Soal : 2

Kelas/Semester : XI/ Ganjil

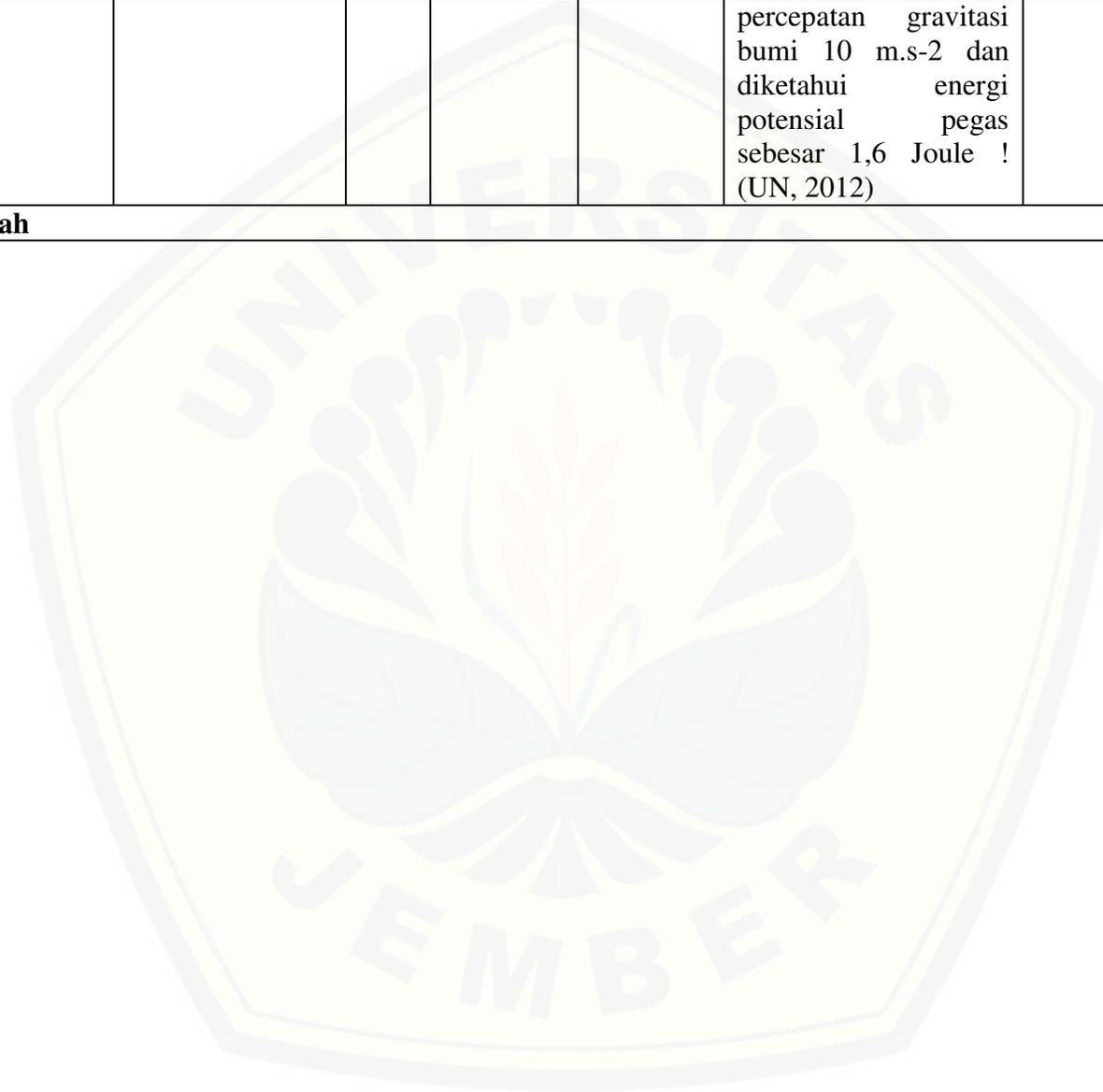
Bentuk Soal : Uraian

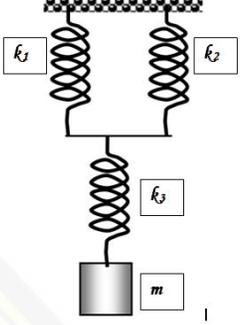
Alokasi Waktu : 30 menit

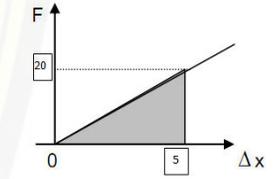
No.	Kompetensi Dasar	Indikator	No. Soal	Tingkatan Kognitif	Tingkat Kesulitan	Butir Soal	Kunci Jawaban	Skor															
1.	3.2 Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari. 4.2 Melakukan percobaan tentang sifat elastisitas suatu bahan berikut presentasi hasil dan makna fisisnya.	3.2.3 menentukan konstanta pegas melalui percobaan Hukum Hooke	1	C3	sedang	<p>Dari percobaan menentukan elastisitas karet dengan menggunakan karet ban diperoleh data seperti tabel berikut.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>F (N)</th> <th>Δx (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tentukan: a. Konstanta pegas</p>	No.	F (N)	Δx (m)	1	10	2	2	20	3	3	30	4	4	40	5	<p>a.</p> $1. k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{10}{2} = 5$ $2. k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{20}{3} = 6,6$ $3. k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{30}{4} = 7,5$ $4. k_1 = \frac{F}{\Delta x} = \frac{40}{5} = 8$ <p>Jadi konstanta pegas tertinggi adalah konstanta pegas no.4 (Representasi Matematik)</p>	25
No.	F (N)	Δx (m)																					
1	10	2																					
2	20	3																					
3	30	4																					
4	40	5																					
								25															

						<p>yang paling besar ?</p> <p>b. Grafik hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang? jelaskan ! (UN, 2011)</p>	<p>b.</p>  <p>(Representasi Grafik)</p> <p>Pertambahan panjang pegas berbanding lurus dengan gaya tariknya, artinya semakin besar gaya tariknya.</p> <p>(Representasi Verbal)</p>	25
2.	3.2.4	2.	C2	sedang	<p>2. Gambarkan dan lengkapi besaran-besaran yang menyertainya jika diketahui sebuah pegas diberi beban 4 kg mengalami pertambahan panjang 4 cm dengan</p>	 <p>(Representasi Gambar)</p>	25	

						percepatan gravitasi bumi 10 m.s^{-2} dan diketahui energi potensial pegas sebesar $1,6 \text{ Joule}$! (UN, 2012)		
	Jumlah							100



							pegas. (Representasi Verbal)	
2.	3.2.4	menentukan energi potensial pegas.	2.	C2	sedang	Diketahui tiga buah pegas dirangkai seri dan paralel , pegas 1 dan 3 disusun seri dan gabungan pegas 1 dan 3 disusun paralel dengan pegas 2, masing-masing konstanta pegas $k_1 = k_3 = 4 \text{ Nm}^{-1}$ dan $k_2 = 8 \text{ Nm}^{-1}$ dan konstanta susunan pegas besarnya 10 Nm^{-1} . Gambarkan rangkaian susunan pegas disertai besaran-besarannya ! (UN, 2009)	 (Representasi Gambar) Diketahui: $k_1 = k_3 = 2 \text{ Nm}^{-1}$ $k_2 = 4 \text{ Nm}^{-1}$ Ditanya : Konstanta pengganti ? Jawab: $k_p = k_1 + k_3$ $= (2 + 2) \text{ Nm}^{-1}$ $= 4 \text{ Nm}^{-1}$ $\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_p} + \frac{1}{k_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4}$ $k_s = 4/2 \text{ Nm}^{-1} = 2 \text{ Nm}^{-1}$ (Representasi Matematis)	25
Jumlah								100

						<p>hubungan F dengan Δx ! (UN,2012)</p>	<p>Berat beban (w) = $m g$ = $(2)(10) = 20$ Newton Ditanya : Energi potensial karet ? Jawab: $k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{20 \text{ N}}{0,05 \text{ m}} = 400 \text{ N/m}$ $E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2 = \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 0,05^2 = 200 \cdot 25 \cdot 10^{-4} = 0,5 \text{ N.m}$ (Representasi Matematik)</p> <p>c.</p>  <p>(Representasi Grafik)</p>	25
2.	3.2.9 menjelaskan pemanfaatan sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari.	2.	C2	sedang	6. Jelaskan pemanfaatan pegas dalam <i>Shock-breaker</i> pada sepeda motor !	<p>Tujuan adanya pegas dalam shockbreaker adalah untuk meredam kejutan ketika sepeda motor yang dikendarai melewati permukaan jalan yang tidak rata. Ketika sepeda motor</p>	25	

						 <p>Gambar. <i>Shock-breaker</i></p>	<p>melewati jalan berlubang, gaya berat yang bekerja pada pengendara (dan gaya berat motor) akan menekan pegas sehingga pegas mengalami mampatan. Akibat sifat elastisitas yang dimilikinya, pegas meregang kembali setelah termampatkan. Perubahan panjang pegas ini menyebabkan pengendara merasakan ayunan.</p> <p><i>(Representasi Verbal)</i></p>	
	Jumlah							100

Lampiran G. Analisis Peningkatan Kemampuan Multirepresentasi Siswa

a) Representasi Verbal

NO.	NAMA	Pertemuan I		Pertemuan II		Pertemuan III		Pertemuan IV		Skor Max
		pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	
1	ABF	0	20	20	40	20	40	40	80	100
2	ARP	20	20	0	60	40	40	40	80	100
3	ATJ	0	40	20	20	40	40	60	60	100
4	AMK	0	40	20	20	20	60	20	80	100
5	ARNRZA	20	20	40	40	60	40	40	60	100
6	AK	0	20	20	20	20	60	40	60	100
7	AM	40	20	20	40	40	60	60	80	100
8	AFA	0	20	0	0	60	40	40	40	100
9	ABH	20	40	20	40	40	40	40	80	100
10	AA	0	40	0	40	20	60	60	60	100
11	AR	0	20	20	20	20	60	40	60	100
12	BDW	0	0	0	40	20	60	40	60	100
13	DVA	20	20	40	40	40	40	60	40	100
14	DPN	0	20	20	20	0	60	20	20	100
15	DIW	0	40	20	40	40	80	20	60	100
16	EPJ	0	0	0	40	40	60	40	60	100
17	FAM	20	20	0	60	20	60	60	40	100
18	FIW	0	40	20	20	0	60	40	40	100
19	FDPS	0	20	20	60	40	40	60	60	100
20	IM	0	40	40	60	40	80	80	100	100
21	IFAF	20	0	0	20	20	40	0	60	100
22	IBAP	0	0	20	0	20	60	40	60	100
23	MP	0	20	20	40	0	40	20	60	100
24	MM	0	20	0	40	20	60	20	40	100
25	MPAP	0	0	20	40	20	60	40	60	100
26	MYQH	20	40	20	40	20	40	40	80	100
27	PSR	20	20	20	40	20	60	0	80	100
28	PNV	0	40	20	20	40	40	40	60	100
29	SNR	0	20	40	20	20	80	60	60	100
30	SM	0	20	20	60	20	60	40	60	100
31	SLQ	0	20	20	40	40	40	40	60	100
32	SM	0	20	40	20	20	20	0	40	100
33	TFG	0	0	20	20	0	40	20	60	100
34	YHL	0	20	0	40	20	60	40	80	100

rata-rata	5,9	21,8	18,2	33,9	26,7	52,1	38,8	61,2	100
N-Gain	0,17		0,2		0,35		0,37		

a) Pertemuan I

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{21,8-5,9}{100-5,9} = 0,17$$

b) Pertemuan II

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{33,9-18,2}{100-18,2} = 0,2$$

c) Pertemuan III

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{52,1-26,7}{100-26,7} = 0,35$$

d) Pertemuan IV

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{61,2-38,8}{100-38,8} = 0,37$$

Berdasarkan analisis data diatas, peningkatan kemampuan representasi gambar kelas eksperimen pada pertemuan I sebesar 0,17, pada pertemuan II sebesar 0,2, pada pertemuan III sebesar 0,35 dan pada pertemuan IV sebesar 0,37. Peningkatan pada pertemuan I-II termasuk dalam kategori rendah, sedangkan pada pertemuan III-IV termasuk dalam kategori sedang.

b) Representasi Gambar

NO.	NAMA	Pertemuan I		Pertemuan II		Pertemuan III		Pertemuan IV		Skor Max
		pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	
1	ABF	0	20	20	60	20	60	40	80	100
2	ARP	20	20	20	60	20	40	60	80	100
3	ATJ	20	20	40	60	0	60	20	60	100
4	AMK	0	20	40	40	20	40	20	80	100
5	ARNRZA	20	40	20	40	20	60	20	80	100
6	AK	20	20	0	40	40	40	60	80	100
7	AM	0	20	40	40	40	40	40	80	100
8	AFA	20	40	20	20	20	20	40	60	100
9	ABH	20	40	40	40	20	60	60	60	100
10	AA	0	20	20	40	20	60	40	60	100
11	AR	20	40	40	40	40	60	40	40	100
12	BDW	0	20	0	40	20	40	60	60	100
13	DVA	20	20	20	40	40	60	40	40	100
14	DPN	20	20	40	20	20	20	40	60	100
15	DIW	0	20	40	40	40	60	40	60	100
16	EPJ	0	0	20	40	40	40	40	60	100
17	FAM	0	20	0	20	20	40	20	60	100
18	FIW	20	20	20	20	20	60	40	60	100
19	FDPS	20	20	20	40	40	40	60	60	100
20	IM	20	40	40	80	40	80	60	100	100
21	IFAF	0	20	20	40	20	60	20	80	100
22	IBAP	0	20	20	40	20	40	40	60	100
23	MP	20	20	40	60	40	40	40	60	100
24	MM	0	20	20	40	20	40	20	80	100
25	MPAP	0	40	20	60	40	60	20	60	100
26	MYQH	20	40	20	40	20	60	40	60	100
27	PSR	20	20	20	60	20	80	40	80	100
28	PNV	0	40	40	40	40	60	20	80	100
29	SNR	0	20	40	40	20	40	40	60	100
30	SM	0	20	20	60	20	40	20	80	100
31	SLQ	20	20	20	40	40	60	40	80	100
32	SM	20	20	40	40	20	40	40	60	100
33	TFG	0	20	20	20	20	40	20	80	100
34	YHL	20	20	0	40	40	60	40	80	100
rata-rata		10,6	24,2	24,8	42,4	27,3	50,3	38,2	67,9	100

N-Gain	0,15	0,23	0,32	0,48	
--------	------	------	------	------	--

a) Pertemuan I

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{24,2-10,6}{100-10,6} = 0,15$$

b) Pertemuan II

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{42,4-24,8}{100-24,8} = 0,23$$

c) Pertemuan III

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{50,3-27,3}{100-27,3} = 0,32$$

d) Pertemuan IV

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{67,9-38,2}{100-38,2} = 0,48$$

Berdasarkan analisis data diatas, peningkatan kemampuan representasi gambar kelas eksperimen pada pertemuan I sebesar 0,15, pada pertemuan II sebesar 0,23, pada pertemuan III sebesar 0,32 dan pada pertemuan IV sebesar 0,48. Peningkatan pada pertemuan I-II termasuk dalam kategori rendah, sedangkan pada pertemuan III-IV termasuk dalam kategori sedang.

c) Representasi Matematik

NO.	NAMA	Pertemuan I		Pertemuan II		Pertemuan III		Pertemuan IV		Skor Max
		pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	
1	ABF	20	40	40	40	40	60	60	60	100
2	ARP	20	40	20	60	60	40	40	60	100
3	ATJ	20	60	20	60	40	60	40	80	100
4	AMK	20	60	40	80	40	40	60	60	100
5	ARNRZA	40	40	40	60	40	60	40	80	100
6	AK	20	40	20	40	20	20	40	60	100
7	AM	40	40	40	60	40	40	20	80	100
8	AFA	20	60	20	60	20	60	40	60	100
9	ABH	20	40	40	40	40	40	60	80	100
10	AA	40	60	40	20	20	40	60	80	100
11	AR	20	20	20	60	60	60	40	60	100
12	BDW	0	40	20	40	40	60	60	60	100
13	DVA	20	40	40	40	40	40	60	60	100
14	DPN	20	40	20	40	40	40	40	80	100
15	DIW	0	60	40	60	60	60	20	80	100
16	EPJ	20	40	20	40	40	60	40	80	100
17	FAM	0	40	40	40	40	60	40	60	100
18	FIW	20	60	40	60	40	40	60	80	100
19	FDPS	20	40	20	60	60	40	40	60	100
20	IM	40	60	60	80	60	80	40	100	100
21	IFAF	20	40	20	60	20	60	60	80	100
22	IBAP	0	40	60	60	40	60	40	80	100
23	MP	20	40	40	40	40	60	40	60	100
24	MM	0	40	40	60	40	40	60	80	100
25	MPAP	20	40	20	40	60	60	40	60	100
26	MYQH	20	60	40	60	40	80	40	60	100
27	PSR	40	40	20	60	40	60	60	60	100
28	PNV	40	40	40	60	20	60	40	80	100
29	SNR	40	60	60	40	60	40	60	60	100
30	SM	20	40	40	40	40	60	60	60	100
31	SLQ	20	40	40	40	40	60	40	80	100
32	SM	40	40	20	60	40	40	60	60	100
33	TFG	20	40	40	40	40	60	40	80	100
34	YHL	20	40	40	60	40	60	40	60	100
rata-rata		21,8	44,8	33,9	51,5	41,2	53,3	46	69,7	100

N-Gain	0,27	0,26	0,21	0,43	
--------	------	------	------	------	--



d) Representasi Grafik

NO.	NAMA	Pertemuan I		Pertemuan II		Pertemuan III		Pertemuan IV		Skor Max
		pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	
1	ABF	20	20	20	40	40	20	20	60	100
2	ARP	20	40	20	60	20	40	40	80	100
3	ATJ	0	20	40	40	40	20	40	60	100
4	AMK	20	20	20	40	40	40	40	60	100
5	ARNRZA	0	20	20	60	20	40	40	80	100
6	AK	20	40	20	40	20	40	20	60	100
7	AM	20	20	40	20	40	60	40	80	100
8	AFA	0	40	20	40	20	20	60	60	100
9	ABH	20	40	20	20	40	60	40	80	100
10	AA	0	20	20	20	40	40	40	60	100
11	AR	20	40	0	40	20	60	40	80	100
12	BDW	20	40	20	40	20	40	40	60	100
13	DVA	0	20	20	20	0	20	40	40	100
14	DPN	20	40	0	40	20	40	60	40	100
15	DIW	0	20	40	40	40	60	40	60	100
16	EPJ	0	20	0	20	0	40	20	60	100
17	FAM	20	20	20	20	20	40	40	20	100
18	FIW	0	40	20	40	40	60	40	60	100
19	FDPS	20	20	20	40	20	40	40	80	100
20	IM	20	40	40	60	20	40	20	100	100
21	IFAF	20	20	20	20	20	60	40	60	100
22	IBAP	0	40	0	40	40	40	60	60	100
23	MP	20	20	20	20	40	60	20	60	100
24	MM	0	40	20	40	20	40	40	60	100
25	MPAP	20	20	20	40	40	60	40	80	100
26	MYQH	20	40	20	40	20	60	40	60	100
27	PSR	20	20	20	40	40	60	40	80	100
28	PNV	0	20	40	20	40	20	60	60	100
29	SNR	20	20	20	40	20	40	40	60	100
30	SM	0	40	20	20	40	40	40	60	100
31	SLQ	20	20	20	40	20	60	40	80	100
32	SM	20	20	40	40	20	40	40	80	100
33	TFG	20	40	20	20	20	20	40	60	100
34	YHL	20	20	20	40	40	40	40	80	100
rata-rata		12,9	27,9	21,2	35,2	27,9	43	39,4	65,4	100

N-Gain	0,17	0,18	0,21	0,43	
--------	------	------	------	------	--

a) Pertemuan I

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{27,9-12,9}{100-12,9} = 0,17$$

b) Pertemuan II

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{35,2-21,2}{100-21,2} = 0,18$$

c) Pertemuan III

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{43-27,9}{100-27,9} = 0,21$$

d) Pertemuan IV

$$Ng = \frac{(Spost(n)-Spre)}{(Smax-Spre)} = \frac{65,4-39,4}{100-39,4} = 0,43$$

Berdasarkan analisis data diatas, peningkatan kemampuan representasi gambar kelas eksperimen pada pertemuan I sebesar 0,17, pada pertemuan II sebesar 0,18, pada pertemuan III sebesar 0,21 dan pada pertemuan IV sebesar 0,43. Peningkatan pada pertemuan I-III termasuk dalam kategori rendah, sedangkan pada pertemuan IV termasuk dalam kategori sedang.

Lampiran H. Dokumentasi Penelitian







Lampiran J. Surat Ijin Penelitian

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS JEMBER FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121 Telepon: 0331-334988, 330738 Faks: 0331-332475 Laman: www.fkip.unej.ac.id	
Nomor	: 5765 UN25.5/2018	20 AUG 2018
Lampiran	: -	
Perihal	: Permohonan Izin Penelitian	
 Yth. Kepala SMAN PAKUSARI Jember		
Dalam rangka memperoleh data-data yang diperlukan untuk penyusunan Skripsi, mahasiswa FKIP Universitas Jember di bawahini.		
NAMA	: Dina Rizqi Hadiyahanti	
NIM	: 140210102053	
Jurusan	: Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam	
Program Studi	: Pendidikan Fisika	
Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Efektivitas model PBL berbantuan Simulasi PhET pada Pokok Bahasan Elastisitas dan Hukum Hooke untuk meningkatkan Kemampuan Multirepresentasi Siswa SMA" di sekolah yang saudara pimpin.		
Schubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukan.		
Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.		
		
		Prof. Dr. Suratno, M. Si. NIP.19670625 199203 1 003

Lampiran K. Surat Penelitian

 PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS PENDIDIKAN
SMA NEGERI PAKUSARI
Jl. PB Sudirman 120 Telp. (0331) 435227 Kode Pos : 68181 Pakusari
email sekolah: sman_pakusari@yahoo.co.id . website:www.smanpakusari.sch.id
JEMBER

SURAT KETERANGAN
Nomor : 421/635 /101.6.5.15/2018

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AHMAD ROSIDI, S.Pd. M.Pd
NIP : 19650309 198902 1 002
Jabatan : Kepala Sekolah
Instansi/Sekolah : SMA Negeri Pakusari

Menerangkan bahwa :

Nama : Dina Rizqi Hadiyanti
NIM : 140210102053
Program Studi : Pendidikan Fisika
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas : FKIP – Universitas - Jember

Telah selesai melaksanakan penelitian di SMA Negeri Pakusari mulai tanggal 29 Agustus 2018 sampai dengan 7 September 2018 untuk memperoleh data guna penyusunan tugas akhir skripsi dengan Judul " Efektivitas model PBL berbantuan simulasi PhET pada pokok bahasan Elastisitas dan hukum Hooke untuk meningkatkan kemampuan Multirepresentasi siswa SMA "

Demikian surat keterangan ini, dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 11 November 2018
Kepala SMA Negeri Pakusari


AHMAD ROSIDI, S.Pd.M.Pd
NIP:19650309198902 1 002

K. Bukti Lembar Pengerjaan Soal

No.
Date.

Nama = Putri Nabila Vidayanti
 Kelas = XI MIPA 3
 No = 28

75

① c. $K = \frac{F}{\Delta x} = \frac{10}{2} = 5$

$K = \frac{F}{\Delta x} = \frac{20}{3} = 6,6$

$K = \frac{F}{\Delta x} = \frac{30}{4} = 7,5$

$K = \frac{F}{\Delta x} = \frac{40}{5} = 8 \Rightarrow$ Paling Besar

d.

1.6 Jatte

4 cm

10 m s⁻²

VS

30 lines, 6mm

semakin besar gaya dan panjangnya maka konstanta semakin besar dan sebaliknya

A. Bahroni Fauzan, XI MIPA 3, nomor 01 (satu)

1) Diket: $F = 200 \text{ N}$
 $A = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$
 $l_0 = 4 \text{ mm} = 4 \times 10^{-6} \text{ m}$
 $AL = 2 \text{ m} \cdot 2 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$

2)

→ Deformasi elastis: deformasi atau perubahan bentuk yg terjadi pada suatu benda saat gaya atau beban itu bekerja dan perubahan bentuk akan hilang ketika beban atau gaya dihilangkan.

→ Deformasi plastis: deformasi atau perubahan bentuk yang terjadi permanen dan tetap meskipun bebannya dicadangkan