



---

**PENGEMBANGAN LKPD BERBANTUAN PHET SIMULATION UNTUK  
MENINGKATKAN KEMANDIRIAN BELAJAR DAN BERPIKIR KRITIS**

Salma Sholeha Meisyaroh\*, Universitas Negeri Yogyakarta

Supahar, Universitas Negeri Yogyakarta

[Salmasholeha.2018@student.uny.ac.id](mailto:Salmasholeha.2018@student.uny.ac.id)

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghasilkan LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang layak digunakan untuk pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke pada peserta didik SMA kelas XI, (2) menghasilkan LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang efektif untuk meningkatkan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik pada materi elastisitas dan hukum Hooke. Penelitian ini merupakan penelitian Pengembangan (R&D) dengan model 4-D yang terdiri dari tahap *Define, Design, Develop, dan Dessiminate*. Subjek penelitian uji coba terbatas 195 peserta didik kelas XII MIPA SMAN 1 Sewon dan SMAN 1 Kasihan. Subjek penelitian uji luas 108 peserta didik kelas XI MIPA SMAN 1 Sewon Tahun Ajaran 2022/2023. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah tes, angket, dan lembar observasi. Analisis kelayakan RPP dan LKPD menggunakan SBI, validasi instrumen pengumpulan data menggunakan *Aiken's V*, validitas dan reliabilitas butir angket dan soal dianalisis secara *IRT* menggunakan *QUEST*, efektivitas produk dianalisis menggunakan *MANOVA* dan *GLM Mixed Anova*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) telah dihasilkan LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang layak digunakan untuk pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke, (2) telah dihasilkan LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang efektif untuk meningkatkan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik pada materi elastisitas dan hukum Hooke.

**Kata Kunci:** *LKPD, PhET, kemandirian belajar, berpikir kritis.*

**Abstrac:** *This research aims to: (1) produce LKPD assisted by PhET Simulation which is suitable for learning elasticity and Hooke's law for class XI high school students, (2) produce effective PhET Simulation-assisted student worksheet to increase students' independent learning and critical thinking on elasticity and Hooke's law material. This research is a development research (R&D) with a 4-D model which consists of the Define, Design, Develop, and Dessiminate stages. The research subjects for the limited trial were 195 students of class XII MIPA at SMAN 1 Sewon and SMAN 1 Kasihan. The research subjects were a broad test of 108 students in class XI MIPA SMAN 1 Sewon*

*Academic Year 2022/2023. Data collection techniques used are tests, questionnaires, and observation sheets. Analysis of the feasibility of lesson plans and worksheets using SBI, validation of data collection instruments using Aiken's V, validity and reliability of questionnaire items and questions were analyzed using IRT using QUEST, product effectiveness was analyzed using MANOVA and GLM Mixed Anova. The research results show that: (1) PhET Simulation-assisted worksheets have been produced which are suitable for learning elasticity and Hooke's law, (2) an effective PhET Simulation-assisted LKPD has been produced to increase the independent learning and critical thinking of students in the material of elasticity and Hooke's law.*

**Key Words:** *student's worksheet, PhET, learning independence, critical thinking.*

## **PENDAHULUAN**

Fisika merupakan salah satu ilmu alam yang mempelajari tentang fenomena dan gejala alam yang bersifat nyata maupun abstrak. Pembelajaran fisika berarti mengamati dan menganalisis konsep-konsep fisika tentang alam. Hal tersebut tidak akan optimal jika hanya mempelajari teori dan konsep karena belajar fisika juga membutuhkan latihan untuk membuktikan suatu teori fisika yaitu dengan praktikum. Selain itu, praktikum fisika sangat membantu dalam menumbuhkan kemampuan berpikir peserta didik dalam pemecahan masalah. Kemampuan berpikir peserta didik harus ditingkatkan kualitasnya demi menjamin keterampilan belajar dan keterampilan menggunakan teknologi pada pembelajaran abad 21.

Pendidikan abad 21 ialah pembelajaran yang mempersiapkan generasi abad 21 untuk menghadapi berbagai tuntutan dan tantangan global (Mardhiyah, 2021). Salah satu tuntutan yang memiliki karakteristik untuk menjawab pembelajaran abad 21 yaitu keterampilan berpikir kritis. *Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills* mengidentifikasi bahwa keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan yang dibutuhkan untuk menyiapkan peserta didik di jenjang pendidikan dan dunia kerja (Zubaidah dalam Rahmawati, 2016). Oleh karena itu, keterampilan berpikir kritis sangat penting dimiliki karena dengan berpikir kritis maka pola pikir peserta didik akan menjadi lebih kritis dalam menyelesaikan suatu permasalahan dan keterampilan tersebut didapatkan melalui proses pembelajaran di sekolah.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di SMA Negeri 1 Sewon, keterampilan berpikir kritis dan minat peserta didik terhadap mata pelajaran fisika tergolong rendah. Hal ini bisa dilihat dari hasil ujian sekolah dimana masih banyak peserta didik yang

nilainya dibawah KKM. Salah satu penyebabnya yaitu peserta didik kesulitan dalam memahami materi yang diajarkan oleh guru dengan menggunakan model pembelajaran yang belum mengaktifkan seluruh peserta didik sehingga ketergantungan peserta didik terhadap guru masih tinggi. Guru masih menggunakan model pembelajaran konvensional yakni hanya dengan ceramah dan jarang sekali mengajak peserta didik untuk melakukan praktikum di laboratorium. Guru juga lebih banyak fokus terhadap peningkatan hasil belajar dan belum memfokuskan pada keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sehingga, ketergantungan peserta didik terhadap guru juga masih tinggi.

Hasil wawancara dengan laboran di SMA Negeri 1 Sewon, sekolah sudah memiliki fasilitas laboratorium IPA yang terdiri dari laboratorium fisika, laboratorium biologi, dan laboratorium kimia. Namun, sayangnya kegiatan praktikum fisika jarang sekali dilaksanakan karena tidak semua materi bisa dilakukan praktikum dikarenakan kondisi peralatan yang kurang lengkap dan tidak layak/rusak. Selain itu, guru mata pelajaran fisika juga masih terfokus pada peningkatan hasil belajar dan juga petugas laboratorium hanya ada satu orang yang harus merawat dan memelihara semua laboratorium di sekolah sehingga untuk perawatan alat-alat laboratorim juga kurang optimal. Solusi dari permasalahan tersebut, peneliti memberikan cara lain yaitu dengan praktikum secara virtual menggunakan *PhET Simulation* yang memanfaatkan teknologi.

*PhET (Physics Education Technology)* merupakan proyek di *University of Colorado* yang mengembangkan serangkaian simulasi fisika dengan memanfaatkan jaringan internet. Astalini (2019) mengatakan bahwa *PhET Simulation* dirancang untuk membangun hubungan antara pemahaman sehari-hari peserta didik dan prinsip-prinsip fisika yang mendasarinya. *PhET Simulation* memiliki kelebihan yaitu mudah dioperasikan, tampilan animasi yang menarik, dan juga gratis. Ada juga kelemahan *PhET Simulation* yaitu tidak semua aplikasi dan *game* dapat digunakan, hanya file berformat “.Jar” yang dapat dijalankan.

*PhET Simulation* perlu didukung adanya Lembar Kerja Siswa (LKS) atau bisa disebut dengan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD merupakan kumpulan dari lembaran yang berisikan kegiatan peserta didik yang memungkinkan peserta didik melakukan aktivitas nyata dengan objek dan persoalan yang dipelajari (Dola Syamsu et al., 2020). LKPD juga dapat didefinisikan sebagai lembaran-lembaran berisi materi,

ringkasan, dan tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik (Anggraini et al., 2016). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam proses pembelajaran dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, penguasaan konsep, dan kemandirian dalam belajar. Dengan demikian, akan dilakukan penelitian pengembangan oleh peneliti dengan mengembangkan LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang bertujuan untuk mencapai peningkatan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik.

## **METODE**

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) dengan model 4-D (*Four D Models*). Menurut Thiagarajan (1974: 5), desain penelitian *4-D models* ada 4 tahap, yaitu tahap pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKPD berbantuan *PhET Simulation* sehingga dapat meningkatkan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik SMA. Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun pelajaran 2022/2023 pada bulan Juli-Agustus 2022 di SMAN 1 Sewon dan SMAN 1 Kasihan. Subjek penelitian yang digunakan untuk uji coba terbatas adalah 195 peserta didik kelas XII MIPA. Sementara itu, subjek penelitian pada uji luas adalah 108 peserta didik kelas XI MIPA yang terdiri 36 peserta didik kelas eksperimen dan 72 peserta didik kelas kontrol Tahun Ajaran 2022/2023.

Prosedur penelitian tahap pendefinisian, terdiri dari analisis awal digunakan untuk menetapkan permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran fisika di sekolah sehingga dibutuhkan pengembangan media pembelajaran berupa LKPD. Kedua, analisis peserta didik digunakan untuk mengetahui karakteristik peserta didik berdasarkan latar belakang pengetahuan dan kemampuan belajar peserta didik SMA. Ketiga, analisis tugas digunakan untuk untuk menentukan isi satuan pembelajaran yang meliputi KI, KD, dan IPK. Adapun materi yang akan dikembangkan dalam LKPD adalah elastisitas dan hukum Hooke. Keempat, analisis konsep digunakan untuk untuk mengidentifikasi konsep-konsep, menjabarkan fakta serta contoh pada materi pokok elastisitas dan hukum Hooke dalam LKPD yang dikembangkan. Kelima, spesifikasi tujuan digunakan untuk menentukan tujuan pembelajaran materi elastisitas dan hukum Hooke berdasarkan pada KD dan KI yang sesuai dengan kurikulum.

Tahap perancangan terdiri dari penyusunan instrumen penelitian, tahap ini bertujuan untuk menyusun instrumen perangkat pembelajaran dan instrumen pengumpulan data. Instrumen perangkat pembelajaran meliputi RPP dan LKPD. Sedangkan instrumen pengumpulan data meliputi lembar soal *pretest-posttest*, lembar angket kemandirian belajar, lembar angket respon peserta didik terhadap LKPD berbantuan *PhET Simulation*, lembar validasi instrumen, dan lembar observasi keterlaksanaan RPP. Kedua, pemilihan media yang digunakan dalam pengembangan LKPD berbantuan *PhET Simulation* adalah aplikasi *PhET Simulation*, *Microsoft Word 2016*, dan aplikasi *Canva*. Ketiga, pemilihan format LKPD berbantuan *PhET Simulation* adalah format yang memenuhi kriteria menarik, memudahkan dan membantu dalam pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke. Keempat, desain awal yang berupa rancangan komponen instrumen perangkat pembelajaran dan instrumen pengumpulan data. Komponen-komponen tersebut harus dikerjakan oleh peneliti sebelum dilakukan penilaian oleh validator ahli dan validator praktisi.

Tahap pengembangan meliputi, pertama adalah validasi yang dilakukan oleh validator ahli dan validator praktisi. Validasi dilakukan dengan memberikan saran dan komentar untuk meningkatkan kualitas dan kelayakan produk yang selanjutnya direvisi. Kedua, revisi I berupa produk yang telah divalidasi oleh validator kemudian direvisi berdasarkan komentar dan saran yang diberikan. Ketiga, uji coba terbatas yang bertujuan untuk mengetahui respon peserta didik terhadap LKPD berbantuan *PhET Simulation*, mengetahui kelayakan angket kemandirian belajar, dan mengetahui kelayakan soal tes. Keempat, revisi II yang dilakukan berdasarkan hasil dari uji coba produk dan instrumen pengumpulan data. Setelah dilakukan uji coba terbatas akan dilakukan revisi II yang menghasilkan produk akhir. Kelima, uji luas yang bertujuan untuk memperoleh produk LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang layak dan efektif untuk meningkatkan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik.

Tahap penyebaran merupakan penyebarluasan produk hasil pengembangan. Hasil produk LKPD berbantuan *PhET Simulation* sebagai media yang digunakan untuk meningkatkan kemandirian belajar dan berpikir kritis disebarluaskan kepada guru-guru mata pelajaran fisika di SMAN 1 Sewon agar dapat digunakan sebagai penunjang dalam proses pembelajaran.

Teknik Pengumpulan Data yang digunakan adalah tes tertulis, lembar angket, dan lembar observasi. Tes tertulis digunakan untuk mengetahui keterampilan berpikir kritis peserta didik. Tes pada penelitian ini terdapat dua tahapan yakni *pretest* dan *posttest*. Lembar angket terdiri dari angket validasi, kemandirian belajar, dan respon peserta didik. Angket validasi digunakan untuk memperoleh data validasi perangkat pembelajaran oleh validator. Angket kemandirian belajar digunakan untuk mengetahui tingkatan kemandirian belajar pada peserta didik sebelum dan setelah menggunakan LKPD berbantuan *PhET Simulation*. Angket respon peserta didik digunakan untuk mengetahui tanggapan peserta didik terhadap LKPD berbantuan *PhET Simulation*. Observasi dilakukan untuk mengamati keadaan peserta didik dalam proses pembelajaran serta perangkat pembelajaran yang digunakan.

Teknik Analisis Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, pertama adalah *Method of Successive Interval* (MSI) yang bertujuan mengubah data ordinal menjadi data interval. Angket menggunakan skala likert 1 – 5 dan menghasilkan data ordinal sehingga dilakukan dengan mengubah data ordinal menjadi data interval.

Teknik analisis kedua adalah analisis validitas isi. Validitas isi dianalisis menggunakan *Aiken's V*. Lembar validasi instrumen tes dan angket kemandirian belajar diisi oleh validator yang kemudian dianalisis menggunakan rumus koefisien *Aiken's V*. Berikut persamaan yang dirumuskan oleh Aiken (Azwar, 2012).

$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$

Keterangan:

- $s$  :  $r - l_0$
- $r$  : angka yang diberikan penilai
- $l_0$  : angka penilaian validitas yang terendah
- $c$  : angka penilaian validitas yang tertinggi
- $n$  : banyaknya penilai

Nilai koefisien *Aiken's V* berkisar dari 0 - 1 dimana dapat dinyatakan valid apabila nilai koefisien  $> 0,7$ .

Teknik analisis ketiga adalah analisis kelayakan instrumen. Analisis kelayakan instrumen menggunakan Standar Baku Ideal (SBI). Berikut langkah-langkah untuk menganalisisnya:

Menghitung rata-rata skor tiap aspek penilaian validasi dengan persamaan:

$$\bar{X} = \frac{1}{\text{banyaknya validator}} \frac{\sum_i^n x}{n}$$

Mengkonversi skor rata-rata yang diperoleh menjadi nilai kualitatif skala empat sesuai kriteria penilaian berikut.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Empat Skala

Nilai	Interval	Kriteria
4	$(\bar{X}_l + 3SB_i) \geq X \geq (\bar{X}_l + 1,5SB_i)$	Sangat Baik
3	$(\bar{X}_l + 1,5 SB_i) > X \geq \bar{X}_l$	Baik
2	$\bar{X}_l > X \geq (\bar{X}_l - 1,5 SB_i)$	Tidak Baik
1	$(\bar{X}_l - 1,5 SB_i) > X \geq (\bar{X}_l - 3SB_i)$	Sangat Tidak Baik

Keterangan:

Skor maksimal ideal : skor tertinggi

Skor minimal ideal : skor terendah

$X$  : skor yang diperoleh/skor aktual

$\bar{X}_l$  :  $\frac{1}{2}$  (skor maksimal ideal + skor minimal ideal)

$SB_i$ :  $\frac{1}{6}$  (skor maksimal ideal – skor minimal ideal)

Teknik analisis keempat adalah analisis angket respon peserta didik. Analisis angket respon peserta didik menggunakan SBI untuk mengetahui respon peserta didik ketika pembelajaran menggunakan LKPD berbantuan *PhET Simulation*.

Tabel 2. Skala Penilaian Hasil Respon

Alternatif Jawaban	Skor Pernyataan	
	Positif	Negatif
SS (Sangat Setuju)	4	1
S (Setuju)	3	2
TS (Tidak Setuju)	2	3
STS (Sangat Tidak Setuju)	1	4

Teknik analisis kelima adalah analisis validitas dan reliabilitas. Analisis validitas dan reliabilitas butir pertanyaan angket kemandirian belajar dan soal *pretest-posttest* dilakukan menggunakan aplikasi *QUEST*. Validitas butir ditinjau dari nilai *INFIT MNSQ*. Apabila butir soal memiliki nilai *INFIT MNSQ* pada rentang 0,77 - 1,33 maka butir dinyatakan valid. Sementara itu, reliabilitas butir ditinjau berdasarkan nilai *reliability of estimate*. Berikut kriteria reliabilitas menurut Guilford (Suparman, 2022).

Tabel 3. Kriteria Reliabilitas

Koefisien Reliabilitas	Kriteria
0,80 - 1,00	Sangat Tinggi
0,60 - 0,80	Tinggi
0,40 - 0,60	Sedang
0,20 - 0,40	Rendah
-1,00 - 0,20	Rendah Sekali

Teknik analisis keenam adalah analisis keterlaksanaan RPP. Skor hasil observasi ditunjukkan dengan skor 0 untuk “Tidak” dan skor 1 untuk “Ya”. Keterlaksanaan RPP dianalisis menggunakan *Interjudge Agreement* (IJA). Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$IJA = \frac{A_Y}{A_Y + A_N} \times 100\%$$

Keterangan:

$A_Y$  : kegiatan yang terlaksana

$A_N$  : kegiatan yang tidak terlaksana

Teknik analisis ketujuh adalah analisis uji prasyarat. Uji prasyarat terdiri dari uji normalitas dan uji homogenitas yang dianalisis menggunakan program SPSS. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data sampel diambil dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak ditinjau dari *Kolmogorov-Smirnov*. Sampel dikatakan berdistribusi normal jika nilai signifikansi  $> 0,05$ . Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah kedua kelompok sampel memiliki varian yang homogen atau tidak. Dua atau lebih kelompok sampel data dikatakan homogen jika nilai signifikansi  $> 0,05$ .

Teknik analisis kedelapan adalah analisis uji Manova. Uji manova bertujuan untuk mengetahui pengaruh antara menggunakan dan tidak menggunakan media pembelajaran LKPD berbantuan *PhET Simulation* terhadap kemandirian belajar dan berpikir kritis



peserta didik. Hasil dinyatakan terdapat pengaruh yang signifikan jika hasil signifikansi < 0,05.

Teknik analisis kesembilan adalah analisis uji *GLM Mixed Anova* yang bertujuan untuk melihat adanya peningkatan antara nilai *pretest* dan *posttest* kemandirian belajar maupun berpikir kritis peserta didik. Tabel *Test of Within Subject Effect* untuk melihat interaksi antara *time* dan kelas melalui nilai signifikansi pada baris *time\*kelas*. Jika  $p < 0,05$  maka didapatkan interaksi dan jika  $p > 0,05$  maka tidak didapatkan interaksi. Tabel *Pairwise Comparisons* untuk mengukur skala peningkatan variabel pada kelas eksperimen maupun kontrol melalui signifikansi dan *Mean Difference*. Jika *Mean Difference* negatif maka subjek mengalami peningkatan dan jika positif maka subjek mengalami penurunan (Widhiarso, 2011).

Teknik analisis kesepuluh adalah analisis *effect size* yang bertujuan untuk mengetahui besar sumbangan peningkatan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik terhadap pembelajaran. Analisis ini dilakukan dengan bantuan program SPSS berdasarkan nilai *Partial Eta Squared*. Nilai *effect size* diinterpretasikan dengan menggunakan klasifikasi menurut Cohen (Becker, 2000).

Tabel 4. Kategori *Effect Size*

Besar <i>d</i>	Kategori
$0,8 \leq d \leq 2,0$	Besar
$0,5 \leq d < 0,8$	Sedang
$0,2 \leq d < 0,5$	Kecil

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Kelayakan RPP dianalisis menggunakan SBi. RPP memiliki nilai rata-rata seluruh aspek sebesar 4,98 dengan kriteria kualitas sangat baik. Berdasarkan hasil analisis pada observasi keterlaksanaan RPP selama empat kali pertemuan di kelas eksperimen menggunakan produk yang dikembangkan memenuhi presentase pelaksanaan RPP diatas 75% yaitu 100% dengan kriteria sangat baik.

Kelayakan LKPD berbantuan *PhET Simulation* dianalisis menggunakan SBi. LKPD berbantuan *PhET Simulation* memiliki nilai rata-rata seluruh aspek sebesar 5,11 dengan kriteria kualitas sangat baik. Berdasarkan hasil analisis angket respon peserta didik terhadap LKPD berbantuan *PhET Simulation* pada uji coba terbatas secara

keseluruhan memiliki skor rerata 3,486 dengan kriteria baik dan pada uji luas secara keseluruhan memiliki rata-rata sebesar 3,794 dengan kriteria sangat baik.

Kelayakan angket kemandirian belajar dianalisis menggunakan *Aiken's V*. Angket kemandirian belajar memiliki nilai rata-rata seluruh aspek sebesar 1,13. Skor tersebut menunjukkan bahwa angket kemandirian belajar memiliki kriteria tinggi.

Kelayakan soal *pretest-posttest* dianalisis menggunakan *Aiken's V*. Soal *pretest-posttest* memiliki nilai rata-rata seluruh aspek sebesar 0,93. Nilai tersebut menunjukkan bahwa soal *pretest-posttest* memiliki kriteria tinggi.

Uji coba terbatas dilakukan setelah instrumen perangkat pembelajaran dan instrumen pengumpulan data melewati tahap validasi dan revisi I sesuai komentar dan saran dari validator ahli dan validator praktisi. Uji coba terbatas dilaksanakan di SMAN 1 Sewon dan SMAN 1 Kasihan pada bulan Agustus 2022 yang melibatkan 195 peserta didik kelas XII MIPA. Adapun hasil analisis berdasarkan data yang diperoleh pada uji coba terbatas meliputi analisis validitas dan reliabilitas butir angket kemandirian belajar dan butir soal *pretest-posttest*. Validitas dilakukan untuk mengetahui kualitas angket dan soal. Analisis validitas empirik soal *pretest-posttest* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Validitas Empirik Soal MCR

<b>Butir Soal</b>	<b>INFIT MNSQ</b>	<b>Kriteria</b>
1	0,98	Valid
2	1,37	Tidak Valid
3	0,96	Valid
4	0,86	Valid
5	0,78	Valid

Berdasarkan hasil analisis validitas empirik soal MCR diketahui bahwa nilai INFIT MNSQ berada pada rentang 0,75 sampai 1,35. Dikarenakan INFIT MNSQ 5 butir soal MCR tersebut tidak memenuhi rentang 0,77 – 1,33 apabila ditinjau secara keseluruhan butir, terdapat butir soal MCR yang tidak sesuai dengan Rasch Model yaitu butir nomor 2. Oleh karena itu, butir soal MCR tersebut tidak diikutsertakan pada uji luas. Nilai *reliability of item estimates* soal MCR sebesar 0,62 dengan kriteria reliabel dan nilai *reliability of case estimates* sebesar 0,63 dengan kriteria reliabel.

Tabel 6. Hasil Uji Validitas Empirik Soal Essay

Butir Soal	INFIT MNSQ	Kriteria
1	1,38	Tidak Valid
2	0,78	Valid
3	0,82	Valid

Berdasarkan Tabel 6, hasil analisis validitas empirik soal essay diketahui bahwa nilai INFIT MNSQ berada pada rentang 0,78 sampai 1,38. Dikarenakan INFIT MNSQ 3 butir soal essay tersebut tidak memenuhi rentang 0,77 – 1,33 apabila ditinjau secara keseluruhan butir, terdapat butir soal essay yang tidak sesuai dengan Rasch Model yaitu butir nomor 1. Oleh karena itu, butir soal essay tersebut tidak diikutsertakan pada uji luas. Nilai *reliability of item estimates* soal essay sebesar 0,69 dengan kriteria reliabel dan nilai *reliability of case estimates* sebesar 0,51 dengan kriteria cukup reliabel.

Tabel 7. Hasil Uji Validitas Angket Kemandirian Belajar

Butir Angket	INFIT MNSQ	Kriteria
1	0,81	Valid
2	1,16	Valid
3	0,80	Valid
4	0,92	Valid
5	0,75	Tidak Valid
6	1,18	Valid
7	1,35	Tidak Valid
8	1,06	Valid
9	0,93	Valid
10	0,81	Valid

Berdasarkan Tabel 7, hasil validitas angket kemandirian belajar diketahui bahwa nilai INFIT MNSQ butir angket berada pada rentang 0,75 sampai 1,35. Dikarenakan INFIT MNSQ 10 butir angket tersebut tidak memenuhi rentang 0,77 – 1,33 apabila ditinjau secara keseluruhan butir, terdapat butir angket yang tidak sesuai dengan Rasch Model yaitu butir nomor 5 dan nomor 7. Oleh karena itu, butir angket tersebut tidak diikutsertakan pada uji luas. Nilai *reliability of item estimates* angket kemandirian belajar sebesar 0,54 dengan kriteria cukup reliabel dan nilai *reliability of case estimates* sebesar 0,74 dengan kriteria reliabel.

Uji luas dilaksanakan setelah melalui tahap revisi II. Hasil analisis berdasarkan data yang diperoleh pada uji luas meliputi keterlaksanaan RPP, angket respon peserta didik, analisis deskriptif statistik, dan keefektifan LKPD berbantuan *PhET Simulation*. Data keterlaksanaan RPP diperoleh melalui pengamatan observer selama empat kali pertemuan

di kelas eksperimen menggunakan produk yang dikembangkan dengan presentase keterlaksanaan RPP 100% dengan kriteria sangat baik.

Angket respon peserta didik digunakan untuk mengetahui respon peserta didik terhadap LKPD berbantuan *PhET Simulation*. Respon peserta didik diamati untuk mengetahui seberapa baik kualitas LKPD berbantuan *PhET Simulation*.

Tabel 8. Hasil Analisis Respon Peserta Didik

<b>Kelas</b>	<b>Rata-Rata</b>	<b>Kriteria</b>
Uji Coba Terbatas	3,486	Baik
Uji Luas	3,794	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 8, analisis respon peserta didik uji coba terbatas dan uji luas secara keseluruhan memiliki rata-rata sebesar 3,486 kriteria baik dan 3,794 kriteria sangat baik sehingga LKPD ini layak digunakan dan disebarluaskan.

Analisis deskriptif statistik pada data kemandirian belajar dan keterampilan berpikir kritis peserta didik diambil dari nilai hasil *pretest* dan *posttest*. Berikut rangkuman nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* kemandirian belajar dan berpikir kritis.

Tabel 9. Data Hasil Uji Deskriptif Statistik

<b>Kemandirian Belajar</b>		
<b>Kelas</b>	<b>Rata-Rata <i>Pretest</i></b>	<b>Rata-Rata <i>Posttest</i></b>
Eksperimen	24,700	29,030
Kontrol I	24,599	26,794
Kontrol II	24,200	25,885
<b>Berpikir Kritis</b>		
<b>Kelas</b>	<b>Rata-Rata <i>Pretest</i></b>	<b>Rata-Rata <i>Posttest</i></b>
Eksperimen	30,917	82,667
Kontrol I	30,833	73,722
Kontrol II	33,889	74,250

Berdasarkan Tabel 9, hasil inilah yang selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mengetahui adanya dan besar kontribusi penggunaan LKPD berbantuan *PhET Simulation* terhadap kemandirian belajar dan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Keefektifan LKPD berbantuan *PhET Simulation* dianalisis menggunakan uji prasyarat terlebih dahulu sebelum dianalisis dengan uji manova dan uji *GLM Mixed Anova*. Uji prasyarat terdiri dari uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data sampel diambil dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas ditentukan dengan melihat signifikansi *Kolmogorov-Smirnov* dengan menggunakan aplikasi SPSS. Sampel dikatakan berdistribusi normal jika

nilai signifikansi  $> 0,05$ . Hasil uji normalitas kemandirian belajar dan berpikir kritis disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Uji Normalitas Data

Variabel	Kelas	Sig.	
		Pretest	Posttest
Kemandirian Belajar	Eksperimen	0,200	0,200
	Kontrol I	0,200	0,200
	Kontrol II	0,200	0,200
Berpikir Kritis	Eksperimen	0,119	0,186
	Kontrol I	0,108	0,062
	Kontrol II	0,191	0,064

Berdasarkan hasil uji normalitas diketahui bahwa nilai signifikansi pada setiap variabel lebih besar dari 0,05 ( $p > 0,05$ ) sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel pada kelas eksperimen, kelas kontrol I, dan kelas kontrol II berdistribusi normal.

Uji homogenitas data kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik pada penelitian ini ditentukan dengan nilai signifikansi pada tabel *Levene's Test*. Sampel dikatakan homogen jika nilai signifikansi  $> 0,05$ . Hasil uji homogenitas kemandirian belajar dan berpikir kritis disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Uji Homogenitas Data

Variabel	Sig.	
	Pretest	Posttest
Kemandirian Belajar	0,382	0,311
Berpikir Kritis	0,853	0,073

Berdasarkan hasil uji homogenitas diketahui bahwa nilai signifikansi pada setiap variabel lebih besar dari 0,05 ( $p > 0,05$ ) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat kesamaan varian atau setiap variabel bersifat homogen.

Uji manova bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh antara menggunakan dan tidak menggunakan media pembelajaran LKPD berbantuan *PhET Simulation* terhadap kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik. Berdasarkan *output SPSS* pada tabel *Multivariate Test* bagian *Wilks' Lambda* diperoleh signifikansi sebesar 0,005 ( $p < 0,05$ ) sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yang berarti bahwa terdapat pengaruh antara menggunakan dan tidak menggunakan media pembelajaran LKPD berbantuan *PhET Simulation* terhadap kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik. Analisis pengaruh media pembelajaran juga dapat ditinjau terhadap masing-masing

variabel terikat. Pada tabel *Tests of Between Subject Effects*, diperoleh informasi bahwa penggunaan dua jenis media pembelajaran yang berbeda (LKPD berbantuan *PhET Simulation* dan *powerpoint*) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kemandirian belajar peserta didik. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai signifikansi 0,813 ( $p > 0,05$ ). Akan tetapi, penggunaan dua jenis media pembelajaran yang berbeda (LKPD berbantuan *PhET Simulation* dan *powerpoint*) berpengaruh secara signifikan terhadap berpikir kritis peserta didik. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai signifikansi 0,001 ( $p < 0,05$ ).

Uji keefektifan *GLM Mixed Anava* menghasilkan dua hipotesis. Hipotesis pertama untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nilai *pretest* dan *posttest* kemandirian belajar dan berpikir kritis pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Hipotesis kedua untuk mengetahui ada tidaknya peningkatan nilai *pretest* dan *posttest* kemandirian belajar dan berpikir kritis pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol.

Tabel 12. *Tests of Within-Subjects Effects*

<i>Mesure</i>	<i>Sig.</i>
Kemandirian Belajar	0,000
Berpikir Kritis	0,001

Hipotesis pertama analisis *GLM* diketahui bahwa adanya perbedaan nilai antara *pretest* dan *posttest* pada kemandirian belajar maupun berpikir kritis peserta didik. Hal ini ditunjukkan dari nilai signifikansi yang diperoleh dari kemandirian belajar sebesar 0,000 ( $p < 0,05$ ) dan berpikir kritis sebesar 0,001 ( $p < 0,05$ ). Perbedaan ini menunjukkan perubahan nilai *pretest* ke nilai *posttest* pada setiap kelas berbeda secara signifikan pada kemandirian belajar maupun berpikir kritis. Perubahan nilai ini bisa berarti adanya peningkatan atau penurunan. Oleh karena itu, perlu dilanjutkan pada hipotesis kedua. Hipotesis kedua analisis *GLM* dapat dilihat berdasarkan Tabel 13.

Tabel 13. *Pairwase Comparisons*

Variabel	Kelas	<i>Mean Differece (I-J)</i>	<i>Sig.</i>
Kemandirian Belajar	Eksperimen	-4,330	0,000
	Kontrol I	-2,195	0,000
	Kontrol II	-1,685	0,000
Berpikir Kritis	Eksperimen	-51,750	0,000
	Kontrol I	-42,889	0,000
	Kontrol II	-40,361	0,000

Hipotesis kedua analisis *GLM* diketahui bahwa nilai signifikansi yang diperoleh kelas eksperimen, kelas kontrol I, dan kelas kontrol II pada kemandirian belajar maupun berpikir kritis sebesar 0,000 ( $sig.<0,05$ ) sehingga dapat dikatakan bahwa pada setiap kelas terdapat peningkatan yang signifikan antara nilai *pretest-posttest*. Asumsi tersebut diperkuat dengan nilai *mean difference* untuk setiap kelas pada kemandirian belajar dan berpikir kritis bernilai negatif.

Besar sumbangan efektif (*effect size*) penggunaan media pembelajaran LKPD berbantuan *PhET Simulation* terhadap peningkatan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik yang ditampilkan dalam nilai *effect size* berupa *partial eta square* pada tabel hasil uji *multivariate test* pada *GLM*. Pada Tabel 14 disajikan hasil *effect size* kemandirian belajar dan berpikir kritis pada setiap kelas.

Tabel 14. *Multivariate Test*

<b>Variabel</b>	<b>Kelas</b>	<b><i>Partial Eta Squared</i></b>
Kemandirian Belajar	Eksperimen	0,666
	Kontrol I	0,338
	Kontrol II	0,232
Berpikir Kritis	Eksperimen	0,852
	Kontrol I	0,799
	Kontrol II	0,778

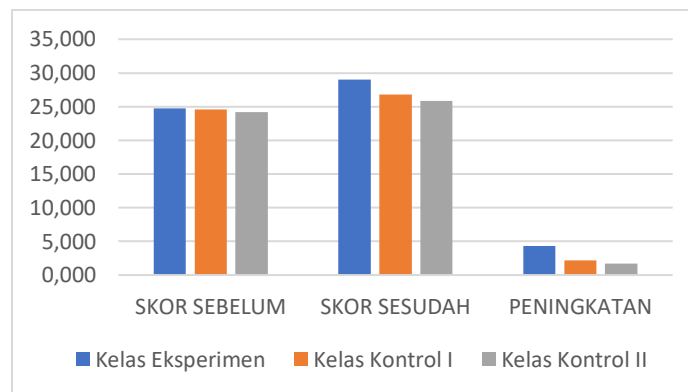
Berdasarkan nilai *partial eta square* terhadap kemandirian belajar peserta didik pada kelas eksperimen sebesar 0,666 atau 66,6% kategori sedang sedangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen sebesar 0,852 atau 85,2% kategori besar. Pada kelas kontrol I dan kelas kontrol II yang menggunakan model pembelajaran konvensional dengan media *powerpoint*, kelas kontrol I dalam meningkatkan kemandirian belajar peserta didik sebesar 0,338 atau 33,8% kategori rendah dan berpikir kritis sebesar 0,799 atau 79,9% kategori sedang. Sedangkan kelas kontrol II dalam meningkatkan kemandirian belajar peserta didik sebesar 0,232 atau 23,2% kategori rendah dan berpikir kritis sebesar 0,778 atau 77,8% kategori sedang.

## **Pembahasan**

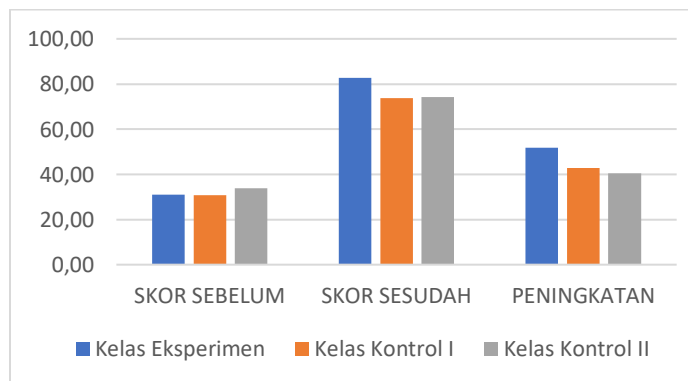
Penilaian kelayakan LKPD ditinjau dari lembar validasi yang diisi oleh validator dan angket respon peserta didik. Lembar validasi diisi oleh empat validator yaitu dosen sebagai validator ahli dan guru mata pelajaran fisika sebagai validator praktisi yang didasarkan pada tiga aspek penilaian. Tiga aspek penilaian tersebut yaitu aspek didaktik,

kontruksi, dan teknik. Total keseluruhan aspek tersebut diperoleh nilai rata-rata sebesar 5,11 dengan kriteria sangat baik. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa LKPD berbantuan *PhET Simulation* dinyatakan layak digunakan dalam proses pembelajaran. Jika ditinjau dari respon peserta, analisis didasarkan pada empat aspek yaitu materi, tampilan fisik dan bahasa, kegiatan percobaan, dan ketertarikan peserta didik. Rata-rata penilaian peserta didik terhadap LKPD berbantuan *PhET Simulation* pada uji coba terbatas sebesar 3,486 dalam kriteria baik. Sementara itu rata-rata penilaian peserta didik LKPD berbantuan *PhET Simulation* sebesar 3,794 dalam kriteria sangat baik. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa LKPD berbantuan *PhET Simulation* layak digunakan dalam pembelajaran.

Salah satu dari tujuan penelitian ini adalah menghasilkan LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang efektif untuk meningkatkan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik kelas XI MIPA pada materi elastisitas dan hukum Hooke. Gambar 1 dan Gambar 2 merupakan diagram batang nilai rata-rata yang diperoleh dari analisis statistik deskriptif kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik.



Gambar 1. Nilai Rata-rata Kemandirian Belajar Peserta Didik





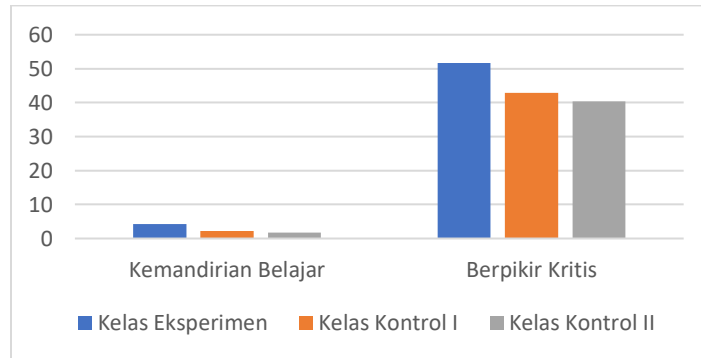
## Gambar 2. Nilai Rata-rata Berpikir Kritis Peserta Didik

Hasil analisis *MANOVA* diketahui bahwa terdapat pengaruh antara peserta didik yang menggunakan LKPD berbantuan *PhET Simulation* dengan peserta didik yang menggunakan media pembelajaran *powerpoint* terhadap kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik dengan signifikansi sebesar 0,005 ( $p < 0,05$ ). Selanjutnya, analisis pengaruh media pembelajaran juga dapat ditinjau terhadap masing-masing variabel terikat yang diperoleh informasi bahwa penggunaan dua jenis media pembelajaran yang berbeda (LKPD berbantuan *PhET Simulation* dan *powerpoint*) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kemandirian belajar peserta didik. Akan tetapi, penggunaan dua jenis media pembelajaran yang berbeda berpengaruh secara signifikan terhadap berpikir kritis peserta didik.

Hasil analisis *GLM Mixed Anava* terlihat bahwa pada kelas eksperimen; kelas kontrol I; kelas kontrol II terdapat peningkatan nilai *pretest* dan *posttest* kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai *mean difference* untuk setiap kelas pada kemandirian belajar dan berpikir kritis bernilai negatif. Widhiarso (2011) mengatakan bahwa adanya peningkatan nilai secara signifikan atau tidak signifikan dapat dilihat dari nilai signifikansi pada tabel *pairwise comparisons* yang diperoleh. Terlihat bahwa nilai signifikansi yang diperoleh kelas eksperimen kelas kontrol I, dan kelas kontrol II pada kemandirian belajar maupun berpikir kritis sebesar 0,000 ( $sig. < 0,05$ ) sehingga dapat dikatakan bahwa pada setiap kelas terdapat peningkatan yang signifikan antara nilai *pretest-posttest*. Untuk melihat lebih besar mana peningkatan antara penggunaan LKPD berbantuan *PhET Simulation* dengan penggunaan model pembelajaran konvensional dengan media *powerpoint* dilakukan dengan meninjau sumbangan efektif (*effect size*).

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, LKPD berbantuan *PhET Simulation* menghasilkan *effect size* terhadap kemandirian belajar peserta didik sebesar 66,6% sedangkan berpikir kritis peserta didik sebesar 85,2%. Besar nilai *effect size* menurut Cohen dalam Becker (2000) masuk dalam kategori sedang dan besar. *Effect size* pada kelas eksperimen tersebut lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol I maupun kontrol II. Sejalan dengan pendapat Purwoko (2010) bahwa praktikum dapat membuat persepsi

peserta didik tentang materi pembelajaran berubah dari hal yang abstrak menjadi lebih konkrit dan mempengaruhi kualitas hasil belajar.



Gambar 3. Perbedaan Peningkatan Kemandirian Belajar dan Berpikir Kritis

Peningkatan kemandirian belajar maupun berpikir kritis pada kelas eksperimen lebih tinggi membuktikan bahwa penggunaan LKPD berbantuan *PhET Simulation* lebih efektif dalam meningkatkan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik apabila dibandingkan dengan penggunaan model pembelajaran konvensional dengan media *powerpoint*. LKPD berbantuan *PhET Simulation* cukup memberikan pengalaman baru bagi peserta didik. Adanya pengalaman baru tersebut membuat peserta didik menjadi lebih tertarik saat belajar fisika pada materi elastisitas dan hukum Hooke. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan oleh Komala Sari, et al (2019) bahwa LKPD merupakan salah satu sarana yang dapat digunakan pendidik untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik atau aktivitas dalam proses mengajar dan meningkatkan berpikir kritis. Peserta didik menganggap LKPD berbasis virtual lab berbantuan *PhET Simulation* dapat memudahkan dalam melakukan praktikum serta dapat memancing rasa ingin tahu peserta didik sehingga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Muliani, 2022).

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa: (1) LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang dihasilkan layak digunakan untuk pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke pada peserta didik SMA kelas XI, dan (2) LKPD berbantuan *PhET Simulation* yang dihasilkan efektif untuk meningkatkan kemandirian belajar dan berpikir kritis peserta didik pada materi elastisitas dan hukum Hooke.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada SMAN 1 Sewon dan SMAN 1 Kasihan yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Serta kepada Bapak Dr. Drs. Supahar, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam proses penyelesaian penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anggraini, R., Wahyuni, S. & Djoko A.L., (2016). Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis Keterampilan Proses di SMAN 4 Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. Vol. 4(4), 350-357.
- Astalini, et al. (2019). Studi Penggunaan PhET *Interactive Simulations* dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 6 (2), 71-75.
- Azwar, S. (2016). Konstruksi tes: Kemampuan Kognitif. Yogyakarta: Pustaka.
- Becker, Lee A. (2000). *Effect Size (ES)-University of Colorado Colorado Springs*. From <https://www.uv.es/~friasnav/EffectSizeBecker.pdf>
- Dola Syamsu, F., et al. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berorientasi Pembelajaran Discovery Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 11 (1), 65-79.
- Mardhiyah, R,H. et al. (2021). Pentingnya Keterampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia. *Jurnal Pendidikan*, 12 (1), 29-40.
- Muliani, Siska, D., & Hasri, A. (2022). Pengembangan LKS (Lembar Kerja Siswa) Berbasis Virtual Lab Berbantuan Simulasi PHET untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Getaran Harmonik. *Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 5 (1), 59-68.
- Purwoko, A. (2018). Pengembangan Media Laboratorium Virtual untuk Mendukung Pembelajaran Praktikum SMA. *Jurnal Penelitian Teknologi Pendidikan*, 17(1): 11-21.
- Rahmawati, I., Hidayat, A., & Rahayu, S. (2016). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP Pada Materi Gaya dan Penerapannya. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA*, 1.
- Sari, K. et al. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Pembelajaran Biologi Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Ekosistem MTs Kelas VII. *Jurnal Lentera Pendidikan*, 4 (1), 65-66.
- Suparman. (2020). Menemukan Karakteristik Butir Menggunakan Quest. *Jurnal Komunikasi dan Pendidikan Islam*, 9 (1), 91-92.
- Thiagarajan, Sivasailam, et al. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Washinton DC: National Center for Improvement Educational System.

Widhiarso, W. (2011). *Aplikasi anava campuran untuk desain eksperimen pre-post test design*. Yogyakarta: Fakultas Psikologi UGM.