

**TESIS**

**PENGEMBANGAN *CSE-KTD* UNTUK MENINGKATKAN  
KETERAMPILAN *EPS* DAN PENGUASAAN KONSEP  
MAHASISWA**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia



**Oleh:**

Nurhamida Anar  
2010407

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2023**

PENGEMBANGAN *CSE-KTD* UNTUK MENINGKATAN  
KETERAMPILAN *EPS* DAN PENGUASAAN KONSEP  
MAHASISWA

Oleh

Nurhamida Anar, S.Pd.

© Nurhamida Anar

Universitas Pendidikan Indonesia

Januari 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lain tanpa izin penulis.

**NURHAMIDA ANAR**

**PENGEMBANGAN CSE-KTD UNTUK MENINGKATKAN  
KETERAMPILAN EPS DAN PENGUASAAN KONSEP  
MAHASISWA**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:  
Pembimbing I,



**Dr. Ijang Rohman, M.Si.**

**NIP. 196310291987031001**

Pembimbing II,



**Prof. Dr. Liliyasi, M.Pd.**

**NIP. 920191119490927201**

Mengetahui  
Ketua Program Studi Magister Pendidikan Kimia  
FPMIPA UPI



**Dr. Hendrawan, M.Si.**

**NIP. 196309111989011001**

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul "Pengembangan CSE-KTD untuk Meningkatkan Keterampilan EPS dan Penguasaan Konsep Mahasiswa" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri atas arahan para pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2023

Yang Membuat Pernyataan,

A 10,000 Indonesian Rupiah postage stamp is shown with a signature written over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', '20 METERAI TEMPEL', and the serial number 'A398FAKX274919059'.

Nurhamida Anar, S.Pd.

NIM: 2010407

## UCAPAN TERIMAKASIH

Segala Puji dan Syukur bagi Allah SWT, dengan qudrah dan iradah-Nya penulis telah menyelesaikan penulisan tesis dengan judul “Pengembangan CSE-KTD untuk Meningkatkan Keterampilan EPS dan Penguasaan Konsep Mahasiswa”. Penulisan tesis ini tidak dapat terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ijang Rohman, M.Si. selaku dosen pembimbing I sekaligus dosen wali, dan Ibu Prof. Dr Liliasari, M.Pd. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat berguna terutama dalam penulisan tesis ini.
2. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si., selaku Ketua Program Studi dan Ibu Dr. Hernani, M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia Bandung yang senantiasa memberikan motivasi dan arahan.
3. Bapak Prof. Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si. yang telah memberikan penilaian dan arahan sebagai *expert judgement* dalam pengembangan CSE-KTD pada penelitian ini.
4. Mahasiswa peserta KBK Media dan peserta Mata Kuliah Praktikum Kimia Fisika semester ganjil 2022 yang telah bersedia menjadi bagian dari tahap pengujian kualitas dan implementasi dalam pengembangan CSE-KTD pada penelitian ini.

Dengan segala kemampuan yang ada serta terbatasnya pengalaman dan pengetahuan, penulis menyadari dengan sepenuhnya bahwa penyusunan tesis ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi untuk kemajuan Pendidikan di masa yang akan datang.

Bandung, Januari 2023

Penulis

## ABSTRAK

Kenaikan titik didih (KTD) merupakan salah satu topik Sifat Koligatif Larutan, dalam Kimia Fisika yang didasarkan pada eksperimen. Oleh karena itu eksperimen merupakan bagian penting dalam pembelajaran topik ini. Pada umumnya pembelajaran KTD pada mahasiswa Pendidikan kimia hanya dilakukan secara teoretik sehingga belum mendukung pemahaman dan keterampilan eksperimental mahasiswa terkait topik ini. Pemanfaatan simulasi eksperimen dapat mengatasi keterbatasan ini namun simulasi yang telah dikembangkan saat ini tidak sesuai dengan eksperimen sebenarnya sehingga tidak dapat dijadikan alternatif pelaksanaan eksperimen KTD. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Computer Simulated Experiment* pada topik KTD (*CSE-KTD*) sebagai alternatif pelaksanaan eksperimen dan implementasinya untuk meningkatkan keterampilan *Experimental Problem Solving (EPS)* dan penguasaan konsep mahasiswa. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *exploratory mixed methods design*. Hasil penelitian kualitatif dijadikan dasar pengembangan *CSE-KTD* untuk kemudian diujikan secara kuantitatif. Hasil uji kualitas *CSE* menunjukkan bahwa simulasi eksperimen ini sudah memenuhi aspek kualitas multimedia pembelajaran dan konten. Hasil implementasi menunjukkan peningkatan keterampilan *EPS* pada aspek mengorganisasi masalah dan menjalankan strategi pemecahan masalah dengan *EPS* maksimal yang diperoleh berada pada tingkat *developing* dan *N\_Gain* sebagian besar mahasiswa berada pada kategori sedang. Untuk penguasaan konsep sebagian besar nilai *N\_Gain* yang diperoleh masih pada kategori rendah. Penguasaan konsep hanya terbatas pada konsep mendidih dan titik didih bukan pada KTD. Pembelajaran dengan metode *Independent Learning* menggunakan *CSE-KTD* telah dapat memfasilitasi mahasiswa menyelesaikan tahapan pre-eksperimen dan eksperimen dengan baik, namun belum maksimal dalam membantu mahasiswa untuk menyelesaikan tahapan evaluasi strategi pemecahan masalah pada post-eksperimen.

Kata Kunci: *Computer Simulated Experiment*, Kenaikan Titik Didih, *Experimental Problem Solving*, Penguasaan Konsep.

## ABSTRACT

Boiling point elevation (BPE) is one of the topics of Colligative Properties of Solutions, in Physical Chemistry that is based on experiments. Therefore experiments playing important role in learning this topic. In general, undergraduate chemistry education students just learn it theoretically so that do not support their conceptual dan experiment skill about this topic. The existing Computer Simulated Experiment (CSE) on this topic is not in accordance with the actual experiment, so it cannot be used as an alternative to carrying out the BPE experiment. This study aims to develop a CSE of BPE (CSE-BPE) as an alternative to conducting experiments and implementing it to improve Experimental Problem Solving skills and concepts mastery of undergraduate chemistry education students. The study was conducted using an exploratory mixed methods design. The results of the qualitative research were used as the basis for the development of CSE-KTD to then be tested quantitatively. The results of the CSE quality test show that it meets the quality aspects of learning multimedia and content. The implementation results showed an increase in EPS skills in organizing problems and implementing problem-solving strategies with the maximum EPS obtained at the development level and the N\_Gain values of most students were in the medium category. The N\_Gain values obtained are mostly in the low category for mastering the concept. Concept mastery is limited to the concept of boiling and boiling point, not to BPE. The Independent Learning method by using CSE-BPE has been able to facilitate students in completing the pre-experimental and experimental stages well, but it has not been maximal in helping students to complete the evaluation stages of problem-solving strategies in the post-experiment.

Keywords: Computer Simulated Experiment, Boiling Point Elevation, Experimental Problem Solving, Concept Mastering.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b> .....	<b>ii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	7
1.4. Manfaat Penelitian.....	7
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>8</b>
2.1 Keterampilan <i>Experimental Problem solving</i> .....	8
2.2 Kenaikan Titik Didih.....	10
2.3 Simulasi Eksperimen Kimia .....	13
2.4 <i>Adobe Animate CC</i> .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>22</b>
3.1 Desain Penelitian .....	22
3.2 Prosedur Penelitian .....	24
3.3 Partisipan .....	28
3.4 Penjelasan Istilah .....	28
3.5 Instrumen Penelitian .....	29
3.6 Analisis Data .....	35



<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1. Hasil Studi Pendahuluan .....	37
4.2. Desain <i>CSE-KTD</i> .....	41
4.3. Deskripsi dan Kemampuan <i>CSE-KTD</i> .....	59
4.4. Hasil <i>Quality Control CSE-KTD</i> .....	79
4.5. Hasil Implementasi <i>CSE-KTD</i> .....	98
4.6. Kelebihan dan Keterbatasan <i>CSE-KTD</i> .....	117
<b>BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI .....</b>	<b>126</b>
5.1 Simpul.....	126
5.2 Implikasi .....	127
5.3 Rekomendasi .....	127
DAFTAR PUSTAKA .....	128
LAMPIRAN .....	135

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2. 1 Tahapan Simulasi Eksperimen dan 12 Indikator <i>Heuristic Scientific Investigation</i> .....	10
2. 2 <i>Design Requirement</i> dan <i>Design Principle</i> Simulasi Eksperimen.....	17
3. 1 Indikator instrumen <i>Quality Control</i> Ahli .....	29
3.2 Contoh Instrumen <i>Quality Control</i> Ahli .....	31
3.3 Indikator Instrumen <i>Quality Control</i> Pengguna.....	32
3.4 Contoh Instrumen <i>Quality Control</i> Pengguna.....	32
3.5 Kriteria Ketercapaian Indikator <i>EPS</i> .....	36
3.6 Kriteria <i>N_Gain</i> .....	36
4. 1 Data Sisa Volume (mL) Pelarut pada Beaker .....	40
4. 2 Data Sisa Volume (mL) Pelarut pada Labu .....	42
4. 3 Hasil Uji Kruskal-Walls .....	42
4. 4 Daftar Pilihan Zat Terlarut pada <i>CSE-KTD</i> .....	46
4. 5 Deskripsi Rancangan Tahapan Pre-eksperimen.....	47
4. 6 Deskripsi Rancangan Tahapan Pre-Eksperimen .....	48
4. 7 Daftar Tombol pada Simulasi .....	56
4. 8 Contoh <i>Storyboard CSE-KTD</i> .....	58
4. 9 Tahapan, Halaman, dan Bentuk Simulasi <i>CSE-KTD</i> .....	61
4. 10 Contoh Data Suhu Pelarut yang Diperoleh melalui <i>CSE-KTD</i> .....	75
4. 11 Data <i>Kb</i> pada Tekanan 700-760 mmHg.....	78
4. 12 Revisi Tipografi .....	80
4. 13 Revisi Aspek Grafis dan Animasi .....	82
4. 14 Revisi Aspek Warna dan Desain Layar .....	84
4. 15 Kesalahan/ <i>Error</i> yang Ditemukan pada <i>CSE-KTD</i> .....	92
4. 16 Alasan Penggunaan Simulasi Eksperimen .....	94
4. 17 Data Titik Didih yang Diperoleh dari <i>CSE-KTD</i> , <i>Real-Experiment</i> dan Teoritis pada Tekanan 690mmHg.....	96
4. 18 Contoh Data Kenaikan Titik Didih yang Diperoleh dari <i>CSE-KTD</i> .....	96
4. 19 Durasi Pencapaian Indikator <i>Assemble Material</i> .....	104
4. 20 Ketercapaian <i>EPS</i> berdasarkan Indikator <i>Scientific Investigation</i> .....	111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Grafik Perubahan Potensial Kimia.....	11
2. 3 Ebbuliometer .....	13
3. 1 Diagram Prosedur <i>Exploratory Design: CSE Development Model</i> .....	23
4. 1 Set alat Eksperimen Kenaikan Titik didih .....	43
4. 2 Grafik Suhu VS Waktu Hasil Eksperimen <i>Real</i> .....	44
4. 3 <i>Trendline</i> suhu sebelum mencapai kesetimbangan .....	45
4. 4 Peta Program Simulasi Eksperimen .....	50
4. 5 <i>Flowchart</i> Tahap Pre-eksperimen .....	51
4. 6 <i>Flowchart</i> Tahapan Eksperimen .....	52
4. 7 Pengeditan Foto Cawan penguap. ....	53
4. 8 Pengeditan Foto Kondensor Liebig.....	54
4. 9 Perbandingan foto asli labu leher 3 dengan gambar vector. ....	54
4. 10 Contoh gambar (a) air, (b) zat terlarut, dan (c) selang. ....	55
4. 11 <i>Background</i> Pintu Depan dan Ruang Laboratorium .....	55
4. 12 <i>Background</i> Papan Tulis dan Ruang Penyimpanan Alat .....	55
4. 13 <i>Background</i> Meja Eksperimen .....	56
4. 14 <i>Feedback</i> Jawaban Salah dan Jawaban Benar .....	57
4. 15 Contoh <i>Feedback</i> Tindakan Salah ( <i>Blinking</i> ) .....	57
4. 16 Contoh <i>Feedback</i> Tindakan Benar ( <i>Blinking</i> ).....	57
4. 17 Contoh <i>Feedback</i> Peringatan. ....	58
4. 18 Tampilan <i>Adobe Animate CC</i> .....	60
4. 19 Tampilan <i>Cover</i> Simulasi.....	61
4. 20 Tampilan Halaman Pengenalan Simulasi.....	62
4. 21 Contoh Soal dan <i>Scripting</i> Pilihan Ganda.....	63
4. 22 Contoh Soal dan <i>Scripting</i> Drag and Drop .....	64
4. 23 Contoh Soal dan <i>Scripting</i> Isian Singkat .....	65
4. 24 Tampilan Materi Prasyarat 1 .....	66
4. 25 Tampilan Materi Pra-syarat 2.....	67
4. 26 Tampilan Pemilihan Alat .....	68
4. 27 Contoh Petunjuk pada <i>CSE-KTD</i> .....	68

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
4. 28 Contoh Bantuan pada CSE-KTD .....	69
4. 29 Tampilan Rekam Pengerjaan Pemilihan Alat .....	69
4. 30 Tampilan Alat yang Sudah Terkumpul .....	70
4. 31 Tampilan Halaman Perangkaian Alat .....	71
4. 32 Tampilan Halaman Penentuan Titik Didih Pelarut. ....	72
4. 33 <i>Scripting</i> Kontrol Suhu Selama Eksperimen.....	74
4. 34 Grafik Waktu VS Suhu Pelarut dari Data Eksperimen .....	76
4. 35 Tampilan Pilihan Zat Terlarut pada Simulasi .....	76
4. 36 Tampilan Halaman Eksperimen Penentuan Titik Larutan .....	77
4. 37 Tampilan Halaman Post-Eksperimen.....	79
4. 38 Tampilan Menu Pengaturan Tekanan pada CSE-KTD .....	91
4. 39 Grafik Data Suhu Sebelum Mencapai Kesetimbangan yang Diperoleh dari CSE-KTD .....	95
4. 40 Revisi Ikon tombol Rekam Pengerjaan.....	97
4. 41 Revisi Halaman Pemilihan Alat .....	98
4. 42 Perolehan Skor Pretest Keterampilan <i>EPS</i> Mahasiswa.....	101
4. 43 Bagan Ketercapaian Indikator <i>Scientific Investigation</i> pada Fase Pre-eksperimen.....	103
4. 44 Bagan Ketercapaian Indikator <i>Scientific Investigation</i> pada Fase Eksperimen.....	104
4. 45 Bagan Kategori Kesalahan Tahapan Pemilihan dan Perangkaian Alat .....	105
4. 46 Contoh Rekam Pengerjaan untuk Pemilihan Wadah Zat Uji.....	105
4. 47 Diagram Venn Rincian Keterlaksanaan Indikator Number of Repetition .	107
4. 48 Bagan Ketercapaian Indikator <i>Scientific Investigation</i> Fase Post- Eksperimen.....	108
4. 49 Bagan Pengelompokan $N_{Gain}$ Keterampilan <i>EPS</i> Mahasiswa .....	113
4. 50 Perbandingan Skor Pre-Test dan Post-Test Indikator <i>EPS</i> .....	114
4. 51 $N_{Gain}$ Skor Pre-Test dan Post-Test Penguasaan Konsep.....	115
4. 52 $N_{Gain}$ Setiap Butir Soal Penguasaan Konsep.....	115

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1 Instrumen dan Rubrik Penilaian Penguasaan Konsep.....	135
2 Eksplorasi <i>Existing Computer Simulated Experiment</i> .....	137
3 <i>Stroyboard CSE-KTD</i> .....	143
4 Data Titik Didih dan Semua Variabel pada Tekanan 700-760 .....	162
5 Hasil Eksperimen Menggunakan Simulasi pada Tekanan 690.....	163
6 Hasil Akhir <i>CSE-KTD</i> .....	166
7 Rencana Kegiatan Pembelajaran Menggunakan <i>CSE-KTD</i> .....	177
8 Lembar Kerja Mahasiswa .....	179
9 Skor Pre-test, Post-Test, dan <i>N_Gain</i> Keterampilan EPS.....	181
10 Rekap Pengerjaan Tahap Pemilihan Alat.....	183
11 Rekap Pengerjaan Tahap Perangkaian Alat .....	184
12 Skor Pre-test, Post-Test, dan <i>N_Gain</i> Penguasaan Konsep .....	185

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S., & Shariff, A. (2008). The effects of inquiry-based computer simulation with cooperative learning on scientific thinking and conceptual understanding of gas laws. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(4). <https://doi.org/10.12973/ejmste/75365>
- Adler, A. D. (1967). Determination of equilibrium constants by measurement of colligative properties. *Journal of Physical Chemistry*, 71(9). <https://doi.org/10.1021/j100868a022>
- Asiye, B., & Bilge, C. (2016). An investigation of problem-solving skills of pre-service science teachers. *Educational Research and Reviews*, 11(23), 2108–2115. <https://doi.org/10.5897/err2016.3054>
- Astuti, A. P., Aziz, A., Sumarti, S. S., & Bharati, D. A. L. (2019). Preparing 21st Century Teachers: Implementation of 4C Character's Pre-Service Teacher through Teaching Practice. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012109>
- Atkins, P., Paula, J. de, & Keeler, J. (2018). *Physical Chemistry* (11th ed.). Oxford University Press.
- Avramiotis, S., & Tsaparlis, G. (2013). Using computer simulations in chemistry problem solving. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3). <https://doi.org/10.1039/c3rp20167h>
- Baker, M. J. (2015). Collaboration in collaborative learning. *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, 16(3). <https://doi.org/10.1075/is.16.3.05bak>
- Bell, E. T., & Polya, G. (1945). How to Solve It. A New Aspect of Mathematical Method. *The American Mathematical Monthly*, 52(10). <https://doi.org/10.2307/2306109>
- Bilgin, I., & Geban, Ö. (2006). The effect of cooperative learning approach based on conceptual change condition on students' understanding of chemical equilibrium concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s10956-006-0354-z>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2014). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and*

- teaching of 21st century skills*. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2)
- Boyd-Kimball, D., & Miller, K. R. (2018). From Cookbook to Research: Redesigning an Advanced Biochemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 95(1). <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00722>
- Brady, J. E. (2009). *Chemistry: matter and its changes*. John Wiley & Sons, Inc.
- Bretz, S. L. (2001). Novak's theory of education: Human constructivism and meaningful learning. *Journal of Chemical Education*, 78(8). <https://doi.org/10.1021/ed078p1107.6>
- Bretz, Stacey Lowery. (2019). Evidence for the Importance of Laboratory Courses [Editorial]. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 193–195. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00874>
- Chang, R. (2010). *Chemistry* (10th ed.). McGraw-Hill.
- Chinard, F. P. (1955). Colligative Properties. *Journal of Chemical Education*, 32(7), 377.
- Cholid, N. (2021). *Pengembangan Multimedia Pembelajaran*. CV Presisi Cipta Media.
- Chun, R. (2019). Adobe Animate CC Classroom in a Book. In <https://medium.com/>. Adobe Systems Incorporated. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Couture, M. (2004). Realism in the design process and credibility of a simulation-based virtual laboratory. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2004.00064.x>
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2007). Chapter 4. Examples of Mixed Methods Designs. In *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (Vol. 29, Issue 3).
- Crozat, S., Hu, O., & Trigano, P. (1999). Method for evaluating multimedia learning software. *International Conference on Multimedia Computing and Systems -Proceedings, 1*. <https://doi.org/10.1109/mmcs.1999.779287>
- De Jong, T., Lazonder, A., Pedaste, M., & Zacharia, Z. (2018). Simulations, games, and modeling tools for learning. In *International Handbook of the Learning Sciences*. <https://doi.org/10.4324/9781315617572>
- Denniston, K. J. (2008). *Organic , Biochemistry* (Sixth). McGraw-Hill.

- Ferguson, M., & Georgenes, C. (2018). *cheat Adobe Animate CC*.
- Feyzioğlu, B. (2009). An investigation of the relationship between science process skills with efficient laboratory use and science achievement in chemistry education. *Journal of Turkish Science Education*, 6(3).
- Findlay, A. (1973). *Findlay's Practical Physical Chemistry* (B. P. Levit (ed.); Ninth). Longman Inc.
- Francis, A., & Couture, M. (2003). Credibility of a simulation-based virtual laboratory: An exploratory study of learner judgments of verisimilitude. *Journal of Interactive Learning Research*, 14(4).
- G. M. Bodner, & Herron, J. D. (2002). Problem-Solving in Chemistry. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, T. D. F., & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: Research-based Practice*. Kluwer Academic Publishers.
- George, M. J., & Kolobe, M. (2014). Exploration of the potential of using a virtual laboratory for chemistry teaching at secondary school level in Lesotho. *South African Journal of Chemistry*, 67.
- Green, T., & Labrecque, J. (2017). Beginning Adobe Animate CC : Learn to Efficiently Create and Deploy Animated and Interactive Content. In *Beginning Adobe Animate CC*.
- Grimaldi, D., & Rapuano, S. (2009). Hardware and software to design virtual laboratory for education in instrumentation and measurement. In *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation* (Vol. 42, Issue 4). <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2008.09.003>
- Gunawan, G., Harjono, A., Sahidu, H., Herayanti, L., Suranti, N. M. Y., & Yahya, F. (2019). Using Virtual Laboratory to Improve Pre-service Physics Teachers' Creativity and Problem-Solving Skills on Thermodynamics Concept. *Journal of Physics: Confe*
- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. *Unpublished.[Online] URL: <Http://Www.Physics.Indiana.Edu/~Sdi/AnalyzingChange-Gain.Pdf>*, 16(7).
- Hammel, H. T. (1976). Colligative properties of a solution. *Science*, 192(4241). <https://doi.org/10.1126/science.1265478>
- Hanson, D. M. (2005). Designing Process-Oriented Guided-Inquiry Activities.



*Faculty Guidebook – A Comprehensive Tool for Improving Faculty Performance.*

- Hashemi, J., Austin-Stalcup, K. A., Anderson, E. E., Chandrashekar, N., & Majkowski, A. (2005). Elements of a realistic virtual laboratory experience in materials science: Development and evaluation. *International Journal of Engineering Education*, 21(3 PART 1).
- Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo Guevara, A., & Morales-Menendez, R. (2019). Virtual reality laboratories: a review of experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(3).  
<https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>
- Hüing, S. (1984). the Role of Experiments in Teaching Chemistry. *Chemistry for the Future*, 377–381. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-029249-6.50054-4>
- Husnaini, S. J., & Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010119>
- Imaduddin, M., & Hidayah, F. F. (2019). Redesigning laboratories for pre-service chemistry teachers: From cookbook experiments to inquiry-based science, environment, technology, and society approach. *Journal of Turkish Science Education*, 16(4). <https://doi.org/10.36681/tused.2020.3>
- Irawan, M. D. (2022). Flowchart dan Pseudo-Code: Implementasi Notasi Algoritma dan Pemrograman - Google Books. In R. R. Rerung (Ed.), *CV Media sains indonesia*. Media Sains Indonesia.  
[https://www.google.co.id/books/edition/Flowchart\\_dan\\_Pseudo\\_Code\\_Implementasi\\_N/c-txEAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=Paradigma+pemrograman&pg=PA14&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/Flowchart_dan_Pseudo_Code_Implementasi_N/c-txEAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=Paradigma+pemrograman&pg=PA14&printsec=frontcover)
- John Butterworth, & Thwaites, G. (2005). Critical Thinking and Problem Solving Thinking Skills Thinking Skills Critical Thinking and Problem Solving Second edition. In *Critical Thinking Skills for Education Students* (Vol. 13, Issue August).
- Kirschner, P. A., & Meester, M. A. M. (1988). The laboratory in higher science

- education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17(1).  
<https://doi.org/10.1007/BF00130901>
- Kolil, V. K., Muthupalani, S., & Achuthan, K. (2020). Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>
- Koretsky, M. D., Amatore, D., Barnes, C., & Kimura, S. (2008). Enhancement of student learning in experimental design using a virtual laboratory. *IEEE Transactions on Education*, 51(1). <https://doi.org/10.1109/TE.2007.906894>
- Laal, M., & Ghodsi, S. M. (2012). Benefits of collaborative learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.091>
- Lee, S. H., & Boling, E. (1999). Screen design guidelines for motivation in interactive multimedia instruction: A survey and framework for designers. *Educational Technology*, 39(3).
- Levine, I. N. (2009). *Physical Chemistry* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Lingyun, L., & Haijun, W. (2007). A new method for building web-based virtual laboratory. *Proceedings of the 2007 1st International Symposium on Information Technologies and Applications in Education, ISITAE 2007*.  
<https://doi.org/10.1109/ISITAE.2007.4409347>
- Liu, H. C., Andre, T., & Greenbowe, T. (2008). The impact of learner's prior knowledge on their use of chemistry computer simulations: A case study. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5).  
<https://doi.org/10.1007/s10956-008-9115-5>
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*. <https://doi.org/10.1016/S0959-47520200016-6>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers and Education*, 95.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Reid, N., & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry.

- Chemistry Education Research and Practice*, 8(2).  
<https://doi.org/10.1039/B5RP90026C>
- Shadle, S. E., Brown, E. C., Towns, M. H., & Warner, D. L. (2012). A rubric for assessing students' experimental problem-solving ability. *Journal of Chemical Education*, 89(3), 319–325. <https://doi.org/10.1021/ed2000704>
- Silberberg, M. S. (2010). *Principles of General Chemistry* (Second). McGraw-Hill. cibook.net
- Stemler, L. (1997). Educational characteristics of multimedia: a literature review. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 6(3–4).
- Stevens, C., Grimes, R., & Phillips, E. (2016). Legal education: Simulation in theory and practice. In *Legal Education: Simulation in Theory and Practice*. <https://doi.org/10.4324/9781315592008>
- Suits, J. P., & Lagowski, J. J. (1994). *Chemistry Problem-Solving Abilities: Gender, Reasoning Level and Computer-Simulated Experiments*. 25.
- Surif, J., Ibrahim, N. H., & Mokhtar, M. (2012). Conceptual and Procedural Knowledge in Problem Solving. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.671>
- Sus, B., Tmienova, N., Revenchuk, I., & Vialkova, V. (2019). Development of virtual laboratory works for technical and computer sciences. *Communications in Computer and Information Science*, 1078 CCIS. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30275-7\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30275-7_29)
- Tao, P. K., & Gunstone, R. F. (1999). Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. *International Journal of Science Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1080/095006999290822>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). 21st Century Skills\_ Learning for Life in Our Times. *Journal of Sustainable Development Education and Research*, 2(1), 243.
- Verstege, S., Vincken, J.-P., & Diederens, J. (2021). Blueprint to design virtual experiment environments. *Computers and Education Open*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100039>
- Winkelmann, K. (2013). Pedagogic Roles of Animations and Simulations in Chemistry Courses. In *ACS Symposium Series* (Vol. 1142).

- Winkelmann, K., Keeney-Kennicutt, W., Fowler, D., & Macik, M. (2017). Development, Implementation, and Assessment of General Chemistry Lab Experiments Performed in the Virtual World of Second Life. *Journal of Chemical Education*, 94(7). <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00733>
- Winsberg, E. (2003). Simulated Experiments: Methodology for a Virtual World. *Philosophy of Science*, 70(1). <https://doi.org/10.1086/367872>
- Witte, R. S., & Witte, J. S. (2016). *Statistics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Zach, S., & Ophir, M. (2020). Using simulation to develop divergent and reflective thinking in teacher education. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12072879>