

**PROFIL MODEL MENTAL SISWA PADA SUBMATERI PENURUNAN TITIK  
BEKU DENGAN MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK MODEL MENTAL  
PILIHAN GANDA DUA TINGKAT**

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada  
Program Studi Pendidikan Kimia



oleh

**Niva Nurjiwa**

**1804368**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA**

**FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2022**

PROFIL MODEL MENTAL SISWA PADA SUBMATERI PENURUNAN  
TITIK BEKU DENGAN MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK MODEL  
MENTAL PILIHAN GANDA DUA TINGKAT

Oleh

Niva Nurjiwa

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia

© Niva Nurjiwa 2022

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2022

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak  
ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

**LEMBAR PENGESAHAN**

NIVA NURJIWA

PROFIL MODEL MENTAL SISWA PADA SUBMATERI PENURUNAN  
TITIK BEKU DENGAN MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK MODEL  
MENTAL PILIHAN GANDA DUA TINGKAT

Disetujui dan disahkan oleh:

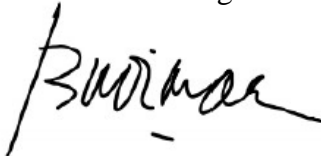
Pembimbing I



Dr. H. Wiji, M.Si.

NIP. 197204302001121001

Pembimbing II



Dr. Budiman Anwar, S.Si., M.Si.

NIP. 197003131997031004

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Kimia



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Profil Model Mental Siswa Pada Submateri Penurunan Titik Beku Dengan Menggunakan Tes Diagnostik Model Mental Pilihan Ganda Dua Tingkat" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai 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, 22 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan

**Niva Nurjiwa**

NIM. 1804368

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Profil Model Mental Siswa Pada Submateri Penurunan Titik Beku Dengan Menggunakan Tes Diagnostik Model Mental Pilihan Ganda Dua Tingkat”. Sholawat dan salam semoga selalu tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, kepada para sahabatnya dan mudah-mudahan sampai kepada kita semua selaku umatnya.

Penyusunan skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Skripsi ini berisi tentang model mental siswa pada submateri penurunan titik beku menggunakan tes diagnostik model mental pilihan ganda dua tingkat.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan ke depannya. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Bandung, Agustus 2022

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua tercinta Bapak Anwar, S.Pd. dan Ibu Ade Nuryanti, serta adik Awad Nursahid yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Wiji, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Budiman Anwar, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang senantiasa sabar membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Nahadi, M.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik atas bimbingan serta arahan yang telah diberikan.
4. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Kimia yang telah memberikan kesempatan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Sri Mulyani, M.Si. selaku Ketua Prodi Pendidikan Kimia yang telah memberikan kesempatan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh dosen, laboran, dan staf tata usaha Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Kepala sekolah serta guru SMA Laboratorium Percontohan UPI yang telah membantu dan memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian.
8. Siswa-siswi kelas XII MIPA SMA Laboratorium Percontohan UPI yang telah meluangkan waktunya bersedia untuk menjadi partisipan pada penelitian ini.
9. Seluruh teman-teman KBK Interteks yang saling mendukung dan memberikan semangat kepada penulis dalam bentuk apapun.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.

Semoga seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh balasan oleh Allah SWT. Aamiin.

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran model mental siswa pada submateri penurunan titik beku dengan menggunakan tes diagnostik model mental pilihan ganda dua tingkat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif. Berdasarkan KD 3.1 Menganalisis fenomena sifat koligatif larutan (penurunan tekanan uap jenuh, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis) dan KD 3.2 Membedakan sifat koligatif larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit, maka didapatkan instrumen tes berjumlah delapan butir soal. Partisipan pada penelitian ini terdiri dari 30 siswa kelas XII di salah satu SMA di Bandung. Model Mental dikelompokkan ke dalam empat tipe, yaitu Model mental utuh atau *Complete Mental Model* (CMM), Model mental parsial atau *Partial Mental Model* (PMM), Model mental dengan miskonsepsi atau *Mental Model with Misconception* (MM-MC), dan Model mental tidak konsisten atau *Inconsistent Mental Model* (IMM). Berdasarkan hasil penelitian konsep membeku didominasi oleh tipe PMM (*Partial Mental Model*) atau model mental parsial. Pada konsep penurunan titik beku sebagai sifat koligatif larutan didominasi oleh tipe IMM (*Inconsistent Mental Model*) atau model mental tidak konsisten. Pada konsep penurunan titik beku pada larutan elektrolit dan nonelektrolit didominasi oleh tipe IMM (*Inconsistent Mental Model*) atau model mental tidak konsisten.

**Kata kunci:** model mental, tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat, penurunan titik beku

## ABSTRACT

This study aims to obtain an overview of students' mental models on the freezing point depression sub-material by using a two-tier multiple choice mental model diagnostic test. The method used in this research is descriptive qualitative. Based on KD 3.1 Analyzing the phenomenon of colligative properties of solutions (lowering of vapor pressure, boiling point elevation, freezing point depression, and osmotic pressure) and KD 3.2 Distinguishing colligative properties of electrolyte solutions and nonelectrolyte solutions, is obtained eight questions as instrument test. Participants in this study consisted of 30 students of class XII in a high school in Bandung. Mental models are grouped into four types, which are complete mental model (CMM), partial mental model (PMM), mental model with misconception (MM-MC), and inconsistent Mental Model (IMM). Based on the research results, the freezing concept is dominated by the PMM type or partial mental model. The freezing point depression concept as a colligative property of a solution is dominated by the IMM type or inconsistent mental model. The freezing point depression in electrolyte and nonelectrolyte solutions concept is dominated by the IMM type or inconsistent mental model.

**Keywords:** mental model, two-tier multiple choice diagnostic test, freezing point depression



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Struktur Penelitian.....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Profil Model Mental .....	6
2.1.1 Representasi Kimia .....	6
2.1.2 Model Mental .....	8
2.1.3 Hubungan Representasi Kimia dengan Model Mental .....	11
2.2 Tes Diagnostik Model Mental Pilihan Ganda Dua Tingkat.....	12
2.3 Penurunan Titik Beku .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	21
3.1 Metode Penelitian .....	21
3.2 Desain Penelitian.....	22
3.3 Subjek Penelitian.....	25
3.4 Instrumen Penelitian .....	25
3.4.1 Validitas .....	26
3.4.2 Reliabilitas .....	27
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	28
3.6 Analisis Data .....	28

<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Profil Model Mental Siswa pada Konsep Membeku .....	32
4.2 Profil Model Mental Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku sebagai Sifat Koligatif Larutan.....	35
4.2.1 Titik Beku .....	35
4.2.2 Penurunan Titik Beku Larutan .....	41
4.2.3 Penurunan Titik Beku Larutan sebagai Sifat Koligatif Larutan.....	45
4.3 Profil Model Mental Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit.....	50
4.3.1 Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit Secara Kualitatif .....	50
4.3.2 Penurunan Titik Beku Larutan Nonelektrolit.....	54
4.3.3 Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit Kuat .....	57
4.3.4 Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit Lemah.....	60
<b>BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI .....</b>	<b>64</b>
5.1 Simpulan .....	64
5.2 Implikasi.....	64
5.3 Rekomendasi .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Instrumen Penelitian .....	25
Tabel 3.2 Klasifikasi Derajat Reliabilitas .....	27
Tabel 3.3 Tipe Model Mental.....	28
Tabel 3.4 Pengelompokkan Tipe Model Mental Berdasarkan Kombinasi Jawaban.....	29
Tabel 3.5 Kunci Determinasi Tipe Model Mental .....	30
Tabel 4.1 Distribusi Jawaban Siswa pada Konsep Membeku .....	33
Tabel 4.2 Distribusi Jawaban Siswa pada Konsep Titik Beku .....	36
Tabel 4.3 Distribusi Jawaban Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan .....	42
Tabel 4.4 Distribusi Jawaban Siswa pada Konsep Titik Beku Larutan sebagai Sifat Koligatif Larutan.....	46
Tabel 4.5 Distribusi Jawaban Siswa pada Konsep Titik Beku Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit Secara Kualitatif.....	51
Tabel 4.6 Distribusi Jawaban Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan Nonelektrolit .....	55
Tabel 4.7 Distribusi Jawaban Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit Kuat.....	58
Tabel 4.8 Distribusi Jawaban Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit Kuat.....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Tiga Level Representasi Kimia .....	7
Gambar 2.2 Keadaan Partikel Air dalam Wujud Cair dan Padat.....	16
Gambar 2.3 Diagram Fase Untuk Air dan Larutan Berair .....	17
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Model Mental Siswa pada Seluruh Pokok Uji .....	31
Gambar 4.2 Model Mental Siswa pada Konsep Membeku.....	32
Gambar 4.3 Model Mental Siswa pada Konsep Titik Beku.....	36
Gambar 4.4 Model Mental Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan ...	41
Gambar 4.5 Model Mental Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan sebagai Sifat Koligatif Larutan .....	46
Gambar 4.6 Model Mental Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit secara Kualitatif .....	51
Gambar 4.7 Model Mental Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan Nonelektrolit .....	54
Gambar 4.8 Model Mental Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit Kuat.....	57
Gambar 4.9 Model Mental Siswa pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan Elektrolit Lemah .....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rekapitulasi Hasil Validasi .....	73
Lampiran 2. Rekapitulasi Hasil Uji Reliabilitas .....	75
Lampiran 3. Rekapitulasi Jawaban Siswa.....	78
Lampiran 4. Surat Izin Penelitian.....	80
Lampiran 5. Surat Keterangan telah Melaksanakan Penelitian .....	81
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	82

## DAFTAR PUSTAKA

- Adadan, E. (2013). Using multiple representations to promote grade 11 students' scientific understanding of the particle theory of matter. *Research Science Education*, 43, hlm. 1079-1105.
- Adadan, E. & Savasci, F. (2012). An analysis of 16-17-year-old students' understanding concepts using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 34(4), hlm. 513-544.
- Adbo, K. and K.S. Taber. (2009). Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*. 31( 6), 757–786.
- Aiken, L. (1985). Three Coefficient for Analyzing The Reliability and Validity of Ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45, 131-142.
- Appleby, J., Samuels, P., & Treasure-Jones, T. (1997). Diagnosis—A knowledgebased diagnostic test of basic mathematical skills. *Computers & Education*, 28(2), 113-131.
- Brady, dkk. (2012). *Chemistry: The Molecular Nature Of Matter, 6<sup>th</sup> edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Bonello, M. (2008). *Sixth grade students' mental models of physical education concepts: A framework theory perspective* (Doctoral dissertation).
- Chandrasegaran, A. L., F Treagust. David., & M. Mauro. (2007). The Development of a Two-Tier Multiple-Choice Diagnostic Instrument for Evaluating Secondary School Students' Ability to Describe and Explain Chemical Reactions Using Multiple-Choice. *Chemistry Education Research and Practice*. 8 (3): 293-307.
- Chang, R. (2010). *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

- Chen, C. C., Lin, H. S., & Lin, M. L. (2002). Developing a two-tier diagnostic instrument to assess high school students' understanding- the formation of images by plane mirror. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(D)*, 12(3), 106-121.
- Chittleborough, G. D. (2004). *The Role of Teaching Models and Chemical Representations in Developing Students' Mental Models of Chemical Phenomena*. Australia.
- Chittleborough, G. & Treagust, D.F. (2007). The Modeling Ability of Non Major Chemistry Students and Their Understanding of The Submicroscopic Level. *Educational Research*, 8(3), 274-292.
- Chittleborough, G. & Treagust, D.F. (2016). The Modeling Ability of Non Major Chemistry Students and Their Understanding of The Submicroscopic Level. *Educational Research*, 8(3), 274-292.
- Coll, R. K. (2008). Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 5(1).
- Coll, R. K., & Taylor, N. (2002). Mental Models in Chemistry: Senior Chemistry Students. Mental Models of Chemical Boding. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2):175-184.
- Coştu, B., Ayas, A., Niaz, M., Ünal, S., & Çalık, M. (2007). Facilitating conceptual change in students' understanding of boiling concept. *Journal of Science Educational Technology*, 16, 524-536.
- Enero, J. U., & Ramnarain, U. (2019). *Representations of chemical phenomena in secondary school chemistry textbooks* (Vol. 20). Chemistry Education Research and Practice.
- Fauziah, S. R., Sumari, S., Budiasih, E., Sukarianingsih, D., Santoso, A., & Asrori, M. R. (2021). Student misconception analysis on the concept of colligative properties of solutions using a digital three-tier multiplechoice diagnostic test. *AIP Conference Proceedings*, 2330. <https://doi.org/10.1063/5.0043415>

- Firman, H. (2013). *Evaluasi Pembelajaran Kimia*. Bandung: Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.
- Franco, C. & Colinvaux, D. (2000). *Developing Models in Science Education*. Kluwer Academic Publishers, 93-118.
- Gabel, D. L., Briner, D., and Haines, D. Modeling with magnets-A unified approach to chemistry problem solving. *The Science Teacher* March. 1999; 59 (3): 58-63.
- Genter, D. (2002). Mental Models, Psychology of. In N.J. Smelser & P.B. Bates. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Science*, 9683-9687.
- Griffard, P.B. (2001). The Two Tier Instrument on Photosynthesis: What does It Diagnose?. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1039-1052.
- Guilford, J.P. (1956). *Fundamental Statistic in Psychology and Education*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Handayani, Y., Setiabudi, A., & Nahadi, N. (2015). Analisis profil model mental siswa SMA pada materi laju reaksi. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 1(1), 107-122.
- Handayani, dkk. (2021). Kesulitan Siswa Memahami Konsep Sifat Koligatif Larutan di Kelas XII IPA SMA Negeri Kota Palangka Raya Tahun Ajaran 2018/2019. *Gamaproteinukleus*, 2(2), 95-110.
- Hrepic, Z. (2004). *Development of a real-time assessment of students' mental models of sound propagation*. Unpublished PhD thesis, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- Iona, M. (1982). Virtual mirrors. *The Physics Teacher*, 20, 278.
- Jansoon, N., et al. (2009). Understanding Mental Models of Dilution in That Students. *International Journal of Environmental & Science Education*, Volume 4, Nomor 2 (hlm. 147-168). Tersedia pada <http://files.eric.ed.gov>.
- Johnstone, A. (1993). Symposium on fievolution and Evolution. *Journal of Chemical Education*, 701-704.



- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 2000, (1), 9-15.
- Katmiati, S., Wiji, & Mulyani, S. (2016). Students' Mental Model on The Chemical Reaction Concept. *Journal of Applied Science and Technology*, 1(1), 546-555.
- Kolomuc, A & Tekin, S, 2011, 'Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate', *Eurasian Journal Physic And Chemistry Education*, Vol. 3, No. 2, hh. 84-101.
- Laliyo, Lukman Abdul R. (2011). Model Mental Siswa dalam Memahami Perubahan Wujud Zat. *Jurnal Penelitian dan Pendidikan*, 8(1).
- Lin, J.W. & Chiu, M.H. (2009). Exploring the Characteristics and Diverse Sources of Studentd' Mental Models of Acids and Bases. *International Journal of Science Education*, 29(6), 771-803.
- Lisdiani, A.B. (2014). *Profil model mental siswa pada sub-materi kesetimbangan kimia dengan TDM-POE*. (Skripsi). Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Luoga, N. E., Ndunguru, P. A., & Mkoma, S. L. (2013). High school students' misconceptions about colligative properties in chemistry. *TaJONAS: Tanzania Journal of Natural and Applied Sciences*, 4(1), 575-581.
- Nahum T. L., Hofstein A., Mamlok-Naaman R., & Bar-Dov Z. (2004). Can Final Examinations Amplify Students' Misconceptions in Chemistry? *Chemistry Education Research and Practice*, 5 (3).
- Nastiti, R.D., Fadiawati, N., Dan Kadaritna N, 2012, 'Development Module Of Reaction Rate Based On Multiple Representations', *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, Vol. 1, No. 2.
- Oktafiawati, D. (2021). *Profil Model Mental Siswa Pada Konsep Penurunan Titik Beku sebagai Sifat Koligatif Larutan Berdasarkan Tes Diagnostik Model Mental Interview About Event (TDM-IAE)*. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia: Bandung.

- Oxtoby, D.W., Gillis, H. P., & Butler, L. J. (2015). *Principles of modern chemistry*. Cengage learning.
- Pabuccu, A., dan Geban, O. (2006). Remediating Misconceptions Concerning Chemical Bonding through Conceptual Change Text. *Hacettepe University Journal of Education*, 30, hlm. 184-192.
- Prayekti, N., Nusantara, T., Sudirman, & Susanto, H. (2009). Students' mental model in solving the patterns of generalization problem. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 243.
- Prayekti, N., Nusantara, T., Sudirman, & Susanto, H. (2019). Students' mental model in solving the patterns of generalization problem. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 243.
- Rizki, Riyani, dkk. (2017). Uji Validitas Pengembangan Tes Untuk Mengukur Kemampuan Pemahaman Relasional Pada Materi Persamaan Kuadrat Siswa Kelas VIII SMP. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah (JP2MS)*, 1(1), hlm. 60-65.
- Russell, J.W., dkk (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(3), hlm. 330-334.
- Silberberg, M.S. (2007). *Principles of general chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- Silberberg, M.S. (2010). *Principles of general chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- Stojanovska, M., Petrusovski, V.M., Soptrajanov, B., 2014, 'Study of The Use Three Levels of Thinking and Representation', *Section Of Natural, Mathematical And Biotechnical Sciences*, Vol. 35, No. 1, hh.37-46.
- Sudjana. (2009). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- Sujak, K. B., & Saroji, E. G. (2017). Understanding of Macroscopic, Microscopic and Symbolic Representations Among Form Four Students in Solving Stoichiometric Problems. *Malaysia Science Journal of Science Education*, 5(3), 83-96.
- Sukmadinata, N. (2011). *Metode Penelitian*. Bandung: PT.Remaja Rosdakarya.
- Sunarya, Y. dan Setiabudi, A. (2009). *Mudah dan Aktif Belajar Kimia 2*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Supasorn, S. (2015). Grade 12 Students' Conceptual Understanding and Mental Models of Galvanic Cells Before and After Learning by using Small-scale Experiments in Conjunction with a Model Kit. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 393–407.
- Tamir, P. (1989). Some issues related to the use of justifications to multiple-choice answers. *Journal of Biological Education*, 23, 285-292.
- Tan, K. C. D., & Treagust, D. F. (1999). Evaluating Student's Understanding of Chemical Bonding. *School Science Review*, 81(294), hlm. 75-84.
- Treagust, D. (1986). Evaluating students' misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science Education*, 16, 199-207.
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
- Tumay, H. (2014). Prospective chemistry teachers' mental models of vapor pressure. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, hlm. 366-379.
- Tuysuz, C. (2009). Development of two-tier diagnostic instrument and assess students' understanding in chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4(6), hlm. 626-631.
- Wang, Ch. Y. (2004). The Role Of Mental-Modeling Ability, Content Knowledge, and Mental Models in General Chemistry Students' Understanding about Molecular Polarity. A Dissertation presented to the Faculty of the Graduate School University of Missouri – Columbia. Tersedia pada <https://mospace.umsystem.edu>.

- Wang, Ch. Y. (2007). The Role Of Mental-Modeling Ability, Content Knowledge, and Mental Models in General Chemistry Students' Understanding about Molecular Polarity. A Dissertation presented to the Faculty of the Graduate School University of Missouri – Columbia. Tersedia pada <https://mospace.umsystem.edu>.
- Whitten, dkk. (2013). *Chemistry Tenth Edition*. USA: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Whitten, dkk. (2014). *Chemistry Tenth Edition*. USA: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Whitten, K. W., Davis, R.E., Peck, M.L., dan Stanley, G.G. (2004). *General Chemistry*. Chicago: Thompson Learning.
- Wiersma, W. (2000). *Research Method in Education*. USA: Pearson.
- Wiersma, W. (2009). *Research Method in Education*. USA: Pearson.
- Wiji. (2014). *Pengembangan Desain Perkuliahan Kimia Sekolah Berbasis Model Mental untuk Meningkatkan Pemahaman Materi Subyek Mahasiswa Calon Guru Kimia. (Disertasi)*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Wiji, dkk. (2016). Tes Diagnostik Model Mental Tipe Pilihan Ganda Multi Tingkat pada Materi Koloid (TDM-PMT). *Paedagogia Jurnal Penelitian Pendidikan*, 19(1), 29-37.
- Wiji, dkk. (2021). The Intertextuality Study of The Conception, Threshold Concept, and Troublesome Knowledge on Redox Reaction. *Journal of Engineering Science and Technology*, 16(2), 1356-1369.
- Wu, H. K. (2001). Science Education. *Wiley Online Library*, 87(1), 868–891.