

**ANALISIS PROFIL MODEL MENTAL, KONSEPSI, *TROUBLESOME KNOWLEDGE*, DAN *THRESHOLD CONCEPT* SISWA PADA MATERI IKATAN KIMIA MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK MODEL MENTAL *TWO-TIER* (TDM-*TWO-TIER*)**

**TESIS**

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister  
Pendidikan Kimia



**Dian Hasanah**

**NIM 2002633**

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN KIMIA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA - FPMIPA  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2022**

**ANALISIS PROFIL MODEL MENTAL, KONSEPSI, *TROUBLESOME KNOWLEDGE*, DAN *THRESHOLD CONCEPT* SISWA PADA MATERI IKATAN KIMIA MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK MODEL MENTAL *TWO-TIER* (TDM-*TWO-TIER*)**

Oleh  
Dian Hasanah  
S.Pd. Universitas Negeri Padang, 2020

Sebuah tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Pendidikan (M.Pd.) pada Program Studi Pendidikan Kimia

©Dian Hasanah 2022  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2022

Hak Cipta dilindungi undang-undang,  
Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau dengan cara lainnya tanpa izin dari  
penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN TESIS**

**DIAN HASANAH**  
2002633

**ANALISIS PROFIL MODEL MENTAL, KONSEPSI, *TROUBLESOME KNOWLEDGE*, DAN *THRESHOLD CONCEPT* SISWA PADA MATERI IKATAN KIMIA MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK MODEL MENTAL *TWO-TIER* (TDM-*TWO-TIER*)**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

**Pembimbing 1**



**Dr. Wiji, M.Si**

**NIP. 197204302401121001**

**Pembimbing 2**




**Dr. Sri Mulyani, M.Si**

**NIP. 196111151986012001**

Mengetahui,

**Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI**



**Dr. Hendrawan, M.Si**

**NIP. 196309111989011001**

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Hasanah  
NIM : 2002633  
Program Studi : Magister Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan  
Indonesia

Dengan ini menyatakan bahwa tesis dengan judul “**Analisis Profil Model Mental, Konsepsi, *Troublesome Knowledge*, dan *Threshold Concept* Siswa pada Materi Ikatan Kimia Menggunakan Tes Diagnostik Model Mental *Two-Tier* (TDM-*Two-Tier*)**” beserta seluruh isinya adalah benar-benar hasil karya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan dan pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila dikemudian hari ditemukan pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Dian Hasanah  
NIM 2002633

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* *rabbi'l'alamin*. Segala puji bagi Allah, Tuhan Yang Maha Esa dan Maha Berkuasa, karena dengan rahmat dan izin-Nya tesis dengan judul **“Analisis Profil Model Mental, Konsepsi, *Troublesome Knowledge*, dan *Threshold Concept* Siswa pada Materi Ikatan Kimia Menggunakan Tes Diagnostik Model Mental *Two-Tier* (TDM-*Two-Tier*)”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Tesis ini disusun sebagai tugas akhir yang menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulisan tesis ini dapat diselesaikan dengan baik dengan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyadari pada tesis ini masih terdapat beberapa kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan atau kemampuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi penulisan yang lebih baik di masa depan. Semoga tesis ini memberikan manfaat tidak hanya bagi penulis, namun juga bagi pembacanya.

Bandung, Agustus 2022

Penulis



Dian Hasanah

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala, Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul “Analisis Profil Model Mental, Konsepsi, *Troublesome Knowledge*, dan *Threshold Concept* Siswa pada Materi Ikatan Kimia Menggunakan Tes Diagnostik Model Mental *Two-Tier* (TDM-*Two-Tier*)”. Tesis ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada orangtua (ibu dan ayah) tercinta yaitu Ibu Fatmawati, A.Md.Keb. dan Bapak Hilaluddin, S.Pd., saudara/I penulis, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa berdoa dan menyemangati penulis dengan penuh keikhlasan. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Wiji, M.Si. selaku pembimbing 1 sekaligus pembimbing akademik yang telah bersedia meluangkan waktu, menyumbangkan ide dan tenaga untuk membimbing dengan penuh kesabaran dan memotivasi penulis selama penulisan tesis ini dapat diselesaikan tepat waktu dan dengan lebih baik.
2. Ibu Dr. Sri Mulyani, M.Si. selaku pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan sumbangan ide, kritik, dan saran kepada penulis selama proses penulisan tesis ini.
3. Ibu Dr. Tuszie Widhiyanti, M.Pd., Bapak Hafiz Aji Aziz, M.Sc., dan Ibu Triannisa Rahmawati, S.Pd., M.Si. yang telah bersedia untuk meluangkan waktunya untuk memvalidasi instrumen penelitian ini.
4. Ibu Dr. Tuszie Widhiyanti, M.Pd. dan Ibu Dr. Fitri Khoerunnisa, M.Si selaku penguji yang telah memberikan saran perbaikan untuk menjadikan tesis ini lebih baik.
5. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia yang telah banyak memberikan bantuan selama masa studi.

6. Ibu Dr. Hernani, M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Magister Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia yang telah banyak memberikan bantuan selama masa studi.
7. Bapak dan Ibu dosen Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis.
8. Ibu Nursida Sutantri, S.Pd., Gr. dan Ibu Rini Indriani, S.Pd selaku guru di sekolah tempat penulis melakukan penelitian yang telah membantu penulis selama proses uji coba dan pengumpulan data.
9. Teman-teman mahasiswa pascasarjana pendidikan kimia angkatan 2020 yang telah berjuang bersama untuk menyelesaikan studi.
10. Teman-teman, sahabat dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang selalu menghanturkan doa dan memberikan semangat serta bantuan dalam proses penyelesaian tesis ini.

Semoga Allah subhanahu wa ta'ala memberikan balasan pahala atas semua kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna sehingga diharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan penulisan selanjutnya dan semoga tesis ini bisa bermanfaat bagi pembacanya. Aamiin.

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran umum profil model mental, konsepsi, *troublesome knowledge*, dan *threshold concept* siswa pada materi ikatan kimia menggunakan tes diagnostik model mental *two-tier* (TDM-*two-tier*). Penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan desain studi kasus. Partisipan penelitian ini adalah 37 orang siswa kelas XI IPA dari salah satu SMA negeri di Kota Bandung. Jawaban siswa pada TDM-*two-tier* dianalisis untuk mengetahui profil model mental siswa. Sebanyak 17%, 9%, 16%, dan 58% siswa dengan model mental utuh, parsial, miskonsepsi, dan inkonsisten secara berurutan. Hasil temuan dan pembahasan menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih memiliki miskonsepsi atau memegang konsepsi yang tidak diketahui dasar pemikirannya terkait konsep-konsep dalam materi ikatan kimia. Tujuh konsep yang diujikan yaitu; pembentukan ikatan ion, pembentukan ikatan kovalen, ikatan logam, kelarutan zat berdasarkan jenis ikatan, titik didih dan titik leleh zat berdasarkan jenis ikatan, kekerasan zat berdasarkan jenis ikatan, dan daya hantar listrik zat berdasarkan jenis ikatan. Miskonsepsi yang ditemukan dalam penelitian ini diantaranya; ikatan ion terbentuk karena adanya pemakaian bersama elektron antar atom atau pembentukan awan elektron antar ion; pada pembentukan ikatan kovalen gaya tarik lebih besar dari gaya tolak antar atom; pada logam terdapat pemakaian bersama elektron atau awan elektron mengelilingi molekul-molekul, semua zat yang larut dalam pelarut polar adalah senyawa ion, zat-zat yang memiliki titik didih dan titik leleh yang tinggi adalah zat berikatan logam, natrium klorida sangat rapuh karena ion-ionnya terikat kuat pada kristal, kristal natrium klorida dan hidrogen klorida dapat menghantarkan listrik. Secara umum miskonsepsi siswa disebabkan ketidakmampuan siswa memahami partikel penyusun materi. Analisis karakteristik materi menunjukkan ketujuh konsep merupakan *troublesome knowledge* bagi siswa dan konsep yang merupakan *threshold concept* bagi siswa adalah konsep pembentukan ikatan ion dan daya hantar listrik zat berdasarkan jenis ikatan.

**Kata Kunci:** profil model mental, konsepsi, *troublesome knowledge*, *threshold concept*, tes diagnostik model mental *two-tier*, dan ikatan kimia.



## ABSTRACT

This study aims to obtain an overview of the mental model profile, conception, troublesome knowledge, and threshold concept of students on chemical bonding material using a two-tier (TDM-two-tier) mental model diagnostic test. This research is qualitative research with a case study design. The participants of this study were 37 students of class XI IPA from one of the public high schools in the city of Bandung. Students' answers on the two-tier TDM were analyzed to determine the profile of students' mental models. A total of 17%, 9%, 16%, and 58% of students with complete, partial, misconception, and inconsistent mental models respectively. The findings and discussion showed that most of the students still had misconceptions or held concepts whose rationale was unknown regarding the concepts in chemical bonding material. The seven concepts tested are; formation of ionic bonds, formation of covalent bonds, metallic bonds, the solubility of substances based on the type of bond, boiling and melting points of substances based on the type of bond, hardness of substances based on the type of bond, and electrical conductivity of substances based on the type of bond. The misconceptions found in this study include; ionic bonds are formed due to the sharing of electrons between atoms or the formation of electron clouds between ions; in the formation of covalent bonds the attractive force is greater than the repulsion between atoms; in metals there is a sharing of electrons or an electron cloud surrounding the molecules, all substances that dissolve in polar solvents are ionic compounds, substances with high boiling and melting points are metallic bonded substances, sodium chloride is very brittle because of its ions strongly bonded to crystals, sodium chloride and hydrogen chloride crystals can conduct electricity. In general, students' misconceptions are caused by the inability of students to understand the particles that make up the material. Analysis of the characteristics of the material shows that the seven concepts are troublesome knowledge for students and the concepts that are threshold concepts for students are the concepts of ionic bond formation and electrical conductivity of substances based on the type of bond.

**Keyword:** mental model profile, conception, troublesome knowledge, threshold concept, two-tier mental model diagnostic test, and chemical bonding.

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR HAK CIPTA.....</b>                    | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....</b>            | <b>ii</b>   |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....</b>          | <b>ii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                      | <b>iv</b>   |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>                | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                            | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                           | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                          | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                       | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                       | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                    | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                   | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                        | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                       | 6           |
| 1.3 Pembatasan Masalah .....                    | 7           |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                      | 7           |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                     | 7           |
| 1.6 Penjelasan Istilah.....                     | 8           |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>              | <b>9</b>    |
| 2.1 Profil Model Mental .....                   | 9           |
| 2.2 Konsepsi .....                              | 12          |
| 2.3 <i>Troublesome Knowledge</i> .....          | 13          |
| 2.4 <i>Threshold Concept</i> .....              | 15          |
| 2.5 Tes Diagnostik Model Mental.....            | 17          |
| 2.6 Tinjauan terhadap Materi Ikatan kimia ..... | 21          |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                                | <b>31</b> |
| 3.1 Desain Penelitian.....  | 31        |
| 3.2 Partisipan dan Tempat Penelitian .....                            | 33        |
| 3.3 Tahapan Penelitian .....  | 33        |
| 3.4 Instrumen Penelitian.....   | 36        |
| 3.5 Proses Pengembangan Instrumen.....                                | 36        |
| 3.6 Teknik Analisis Data.....   | 40        |
| <b>BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....</b>                             | <b>43</b> |
| 4.1 Profil Model Mental Siswa pada Materi Ikatan Kimia .....          | 44        |
| 4.2 Konsepsi Siswa pada Materi Ikatan Kimia .....                     | 60        |
| 4.3 <i>Troublesome Knowledge</i> Siswa pada Materi Ikatan Kimia ..... | 70        |
| 4.4 <i>Threshold Concept</i> Siswa pada Materi Ikatan Kimia.....      | 76        |
| <b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                 | <b>82</b> |
| 5.1 Simpulan.....   | 82        |
| 5.2 Saran.....  | 83        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>   | <b>85</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>  | <b>92</b> |

## DAFTAR TABEL

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 3.1  | Klasifikasi derajat reliabilitas (Guilford dalam Arikunto, 2010) .....  | 39 |
| Tabel 3.2  | Tipe Model Mental (Wiji <i>et al.</i> , 2021) .....   | 40 |
| Tabel 3.3  | Pengelompokkan Tipe Model Mental Berdasarkan Kombinasi Jawaban .....  | 41 |
| Tabel 3.4  | Analisis <i>Troublesome Knowledge</i> .....   | 41 |
| Tabel 3.5  | Analisis <i>Threshold Concept</i> dari konsep-konsep <i>troublesome knowledge</i> .....   | 42 |
| Tabel 4.1  | Distribusi Jawaban Siswa untuk Konsep Ikatan Ion .....  | 45 |
| Tabel 4.2  | Distribusi Jawaban Siswa untuk Konsep Pembentukan Ikatan Kovalen .....  | 48 |
| Tabel 4.3  | Distribusi Jawaban Siswa untuk Konsep Ikatan Logam .....  | 50 |
| Tabel 4.4  | Distribusi Jawaban Siswa untuk Konsep Kelarutan dan Konsep Titik Leleh dan Titik Didih Zat Berdasarkan Jenis Ikatan .....   | 53 |
| Tabel 4.5  | Distribusi Jawaban Siswa untuk Konsep Kekerasan Zat Berdasarkan Jenis Ikatan .....  | 56 |
| Tabel 4.6  | Distribusi Jawaban Siswa untuk Konsep Daya Hantar Listrik Zat Berdasarkan Jenis Ikatannya .....   | 58 |
| Tabel 4.7  | Konsepsi yang Benar pada Konsep Pembentukan Ikatan Ion .....  | 61 |
| Tabel 4.8  | Miskonsepsi pada Konsep Pembentukan Ikatan Ion .....  | 61 |
| Tabel 4.9  | Konsepsi Siswa yang Tidak Diketahui Dasar Pengambilannya pada Konsep Pembentukan Ikatan Ion .....   | 62 |
| Tabel 4.10 | Konsepsi yang Benar pada Konsep Pembentukan Ikatan Kovalen ...  | 63 |
| Tabel 4.11 | Miskonsepsi pada Konsep Pembentukan Ikatan Kovalen .....  | 63 |
| Tabel 4.12 | Konsepsi yang Tidak Diketahui Dasar Pemikiran dan Pengambilannya pada Konsep Pembentukan Ikatan Kovalen .....   | 63 |
| Tabel 4.13 | Konsepsi yang Benar pada Konsep Ikatan Logam .....  | 64 |
| Tabel 4.14 | Miskonsepsi pada Konsep Ikatan Logam .....  | 64 |
| Tabel 4.15 | Konsepsi Siswa yang Tidak Diketahui Dasar Pengambilannya pada Konsep Ikatan Logam .....   | 65 |
| Tabel 4.16 | Konsepsi yang Benar pada Konsep Kelarutan dan Konsep Titik Didih dan Titik Leleh Zat Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya .....  | 65 |
| Tabel 4.17 | Miskonsepsi pada Konsep Kelarutan dan Konsep Titik Didih dan Titik Leleh Zat Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya .....  | 66 |
| Tabel 4.18 | Konsepsi yang Tidak Diketahui Dasar Pemikiran dan Pengambilannya pada Konsep Kelarutan dan Konsep Titik Didih dan Titik Leleh Zat Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya ..... | 66 |
| Tabel 4.19 | Konsepsi yang Benar pada Konsep Kekerasan Zat Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya .....   | 67 |
| Tabel 4.20 | Miskonsepsi pada Konsep Kekerasan Zat Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya .....   | 67 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 4.21 | Konsepsi yang Tidak Diketahui Dasar Pemikiran dan Pengambilannya pada Konsep Kekerasan Zat Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya .....       | 67 |
| Tabel 4.22 | Konsepsi yang Benar pada Konsep Daya Hantar Listrik Zat Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya .....  | 68 |
| Tabel 4.23 | Miskonsepsi pada Konsep Daya Hantar Listrik Zat Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya .....  | 68 |
| Tabel 4.24 | Konsepsi yang Tidak Diketahui Dasar Pemikiran dan Pengambilannya pada Konsep Daya Hantar Listrik Berdasarkan Jenis Ikatan Kimianya ..... | 69 |
| Tabel 4.25 | Persentase Miskonsepsi dan Konsepsi yang Tidak Diketahui Dasar Pengambilannya pada Konsep-Konsep Materi Ikatan Kimia .....               | 71 |
| Tabel 4.26 | Analisis <i>Troublesome Knowledge</i> pada Materi Ikatan Kimia .....   | 73 |
| Tabel 4.27 | Analisis Karakteristik Integratif dari Konsep-Konsep <i>Troublesome Knowledge</i> .....  | 80 |
| Tabel 4.29 | Analisis <i>Threshold Concept</i> dari Konsep-Konsep <i>Troublesome Knowledge</i> .....  | 81 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| <i>Gambar 2.1</i> Keterkaitan Tiga Level Representasi Kimia dengan Pembentukan Model Mental..... | 10 |
| <i>Gambar 2.2</i> Skema Rangkaian Pembentukan Model Mental.....                                  | 10 |
| <i>Gambar 2.3</i> Siklus Born-Haber Pembentukan NaCl .....                                       | 22 |
| <i>Gambar 2.4</i> Kurva pembentukan ikatan kovalen pada H <sub>2</sub> .....                     | 23 |
| <i>Gambar 2.5</i> Pembentukan ikatan kovalen antara dua atom hidrogen .....                      | 24 |
| <i>Gambar 2.6</i> Model awan atau lautan elektron pada ikatan logam.....                         | 25 |
| <i>Gambar 2.7</i> Penguapan Senyawa Ion .....  | 25 |
| <i>Gambar 2.8</i> Pelarutan senyawa ionik NaCl dalam air.....                                    | 26 |
| <i>Gambar 2.9</i> Struktur Padatan Kovalen .....   | 28 |
| <i>Gambar 2.10</i> Logam dan Kristal Ionik Ketika Diberikan Gaya.....                            | 29 |
| <i>Gambar 2.11</i> Konduktor (penghantar) listrik dan mobilitas ion senyawa ionik.               | 30 |
| <i>Gambar 3.1</i> Alur Penelitian .....  | 35 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1 Rekapitulasi Jawaban Siswa pada Uji Coba dan Hasil Uji Reliabilitas ..... | 92 |
| Lampiran 2 Rekapitulasi Jawaban Siswa (Subjek Penelitian) .....                      | 94 |

## DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(2), 147–165. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310206>
- Adodo, S. O. (2013). Effects of Two-Tier Multiple Choice Diagnostic Assessment Items on Students' Learning Outcome in Basic Science Technology (BST). *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, *2*(2), 201–210. <https://doi.org/10.5901/ajis.2013.v2n2p201>
- Andriani, Y., Mulyani, S., & Wiji, W. (2021). Misconceptions and troublesome knowledge on chemical equilibrium. *Journal of Physics: Conference Series*, *1806*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012184>
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Aydeniz, M., Bilican, K., & Kirbulut, Z. D. (2017). Exploring Pre-Service Elementary Science Teachers' Conceptual Understanding of Particulate Nature of Matter through Three-Tier Diagnostic Test. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *5*(3), 221–221. <https://doi.org/10.18404/ijemst.296036>
- Bampton, M. (2012). Threshold Concepts and Troublesome Knowledge. In *Teaching Geographic Information Science and Technology in Higher Education* (First Edit, pp. 51–58). John Wiley & Sons, Ltd. [https://doi.org/10.1163/9789460911477\\_005](https://doi.org/10.1163/9789460911477_005)
- Barke, H. D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2008). *Misconceptions in Chemistry*. Springer.
- Bonello, M. (2008). *Sixth Grade Students' Mental Models of Physical Education Concepts: A Framework Theory Perspective* (Vol. 148). University of Maryland.
- Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J., Woodward, P. M., & Stoltzfus, M. W. (2022). *Chemistry: The Central Science* (15th ed.). Pearson Education Limited. <http://www.webelements.com>
- Bueno, O. (2013). Perception and Conception: Shaping Human Minds. *Biosemiotics*, *6*(3), 323–336. <https://doi.org/10.1007/s12304-013-9170-z>
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010). Do students know What they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, *40*(3), 313–



337. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9122-4>

Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (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 levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293–307. <https://doi.org/10.1039/B7RP90006F>

Chang, R. (2003). *General Chemistry: The Essential Concepts*. Erlangga.

Chang, R. (2010). *Chemistry* (10th ed.). Mcgraw-hill.

Coll, R. K. (2008). Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5(1), 22–47.

Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 464–486. <https://doi.org/10.1002/tea.10085>

Craik, J. W. (1943). Craik-The Nature of Explanation.pdf. In *The Nature of Explanation*. Cambridge University Press.

Creswell, J. W. (2005). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (4th ed.). Pearson Education, Inc.

Damanhuri, M. I. M., Treagust, D. F., Won, M., & Chandrasegaran, A. L. (2016). High school students' understanding of acid-base concepts: An ongoing challenge for teachers. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(1), 9–27. <https://doi.org/10.12973/ijese.2015.284a>

Davies, P. (2003). Threshold Concept: How can We Recognize Them? *EARLI Conference*.

Delisma, D., Wiji, & Widhiyanti, T. (2020). Conception, threshold concept, and troublesome knowledge in redox reaction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042070>

Ebbing, D., & Gammon, S. D. (2017). *General Chemistry* (11th ed.). Cengage Learning. [www.webelements.com](http://www.webelements.com)

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. (2005). *How to Design and Evaluate Research in Education* (8th ed.). Mcgraw-hill.

Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school

- textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 5–14. <https://doi.org/10.1039/c1rp90003j>
- Hasanah, W. (2017). *Analisis Miskonsepsi dan Threshold Concept Menggunakan Tes Diagnostik Model Mental Two-Tier (TDM-Two-Tier) pada Materi Reaksi Kimia*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Hill, S. (2019). The difference between troublesome knowledge and threshold concepts. *Studies in Higher Education*, 45(3), 665–676. <https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1619679>
- Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2012). A Macro-Micro-Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973–998. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.569959>
- Jansoon, N., Coll, R. K., & Somsook, E. (2009). Understanding mental models of dilution in Thai students. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(2), 147–168.
- Jespersen, N. D., & Brady, J. E. (2012). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry - Logical or Psychological? *Chem. Educ. Res. Pract.*, 1(1), 9–15. <https://doi.org/10.1039/a9rp90001b>
- Kiray, S. A. (2016). The Pre-service Science Teachers' Mental Models for Concept of Atoms and Learning Difficulties. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(2), 147. <https://doi.org/10.18404/ijemst.85479>
- Kurnaz, M. A., & Emen, A. Y. (2013). Mental Models of the High School Students Related To the Contraction of Matter. *International Journal of Educational Research and Technology*, 4(March), 1–5.
- Lu, S., & Bi, H. (2016). Development of a measurement instrument to assess students' electrolyte conceptual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1030–1040. <https://doi.org/10.1039/c6rp00137h>
- Marlis. (2015). Analisis Profil Pemahaman Konsep dan Konsistensi Konsepsi Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Tilatang Kamang pada Materi Fluida Statis. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains 2015, 2015(Snips)*, 413–416.
- Meltafina. (2018). *Analisis Miskonsepsi Dan Threshold Concept Pada Materi*

*Ikatan Kimia Berdasarkan Profil Model Mental Siswa Menggunakan Tes Diagnostik Interview About Events (IAE)*. Universitas Pendidikan Indonesia.

- Meltafina, M., Wiji, W., & Mulyani, S. (2019). Misconceptions and threshold concepts in chemical bonding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042030>
- Meyer, J. H. F., & Land, R. (2003). Threshold Concepts and Troublesome Knowledge: Linkages to Ways of Thinking and Practising within the Disciplines. *Occasional Report, Enhancing Teaching-Learning Environments in Undergraduate Courses Project*.
- Meyer, J. H. F., & Land, R. (2006). *Overcoming Barriers to Student Understanding*. Routledge.
- Milenković, D. D., Hrin, T. N., Segedinac, M. D., & Horvat, S. (2016). Development of a Three-Tier Test as a Valid Diagnostic Tool for Identification of Misconceptions Related to Carbohydrates. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1514–1520. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00261>
- Milenković, D. D., Segedinac, M. D., & Hrin, T. N. (2014). Increasing high school students' chemistry performance and reducing cognitive load through an instructional strategy based on the interaction of multiple levels of knowledge representation. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1409–1416. <https://doi.org/10.1021/ed400805p>
- Mulyani, S., Yuliani, G., & Rudina Okvasari, D. (2016). Tes Diagnostik Model Mental Tipe Pilihan Ganda Multi Tingkat Pada Materi Koloid (Tdm-Pmt-Koloid). *Jurnal Penelitian Pendidikan Paedagogia*, 19(1), 29–37. <http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/>
- Mutlu, A., & Şeşen, B. A. (2016). Evaluating of preservice science teachers' understanding DF general chemistry cdncepts by using twd tier diagnostic test. *Journal of Baltic Science Education*, 15(1), 79–96.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196. <https://doi.org/10.1021/ed069p191>
- Özmen, H. (2004). Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147–159. <https://doi.org/10.1023/b:jost.0000031255.92943.6d>
- Pagán, B. (2006). Positive Contributions of Constructivism to Educational Design. *Europe's Journal of Psychology*, 2(1). <https://doi.org/10.5964/ejop.v2i1.318>

- Park, E. J. (2015). Impact of teachers' overcoming experience of threshold concepts in chemistry on pedagogical content knowledge (PCK) development. *Journal of the Korean Chemical Society*, 59(4), 308–319. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2015.59.4.308>
- Park, E. J., & Light, G. (2009). Identifying Atomic Structure as a Threshold Concept: Student mental models and troublesomeness. *International Journal of Science Education*, 31(2), 233–258. <https://doi.org/10.1080/09500690701675880>
- Perkins. (1999). The Many Faces of Constructivism. *Educational Leadership*, 57(93), 6–11.
- Petrucci, R. H. (2017). *General Chemistry : Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson Canada Inc. <https://doi.org/10.5796/electrochemistry.73.935>
- Rahmawati, Y., Widhiyanti, T., & Mardiah, A. (2019). Analisis Miskonsepsi Mahasiswa Calon Guru Kimia Pada Konsep Particulate of Matter. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 4(2), 121–135. <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i2.4824>
- Ryu, M., Nardo, J. E., & Wu, M. Y. M. (2018). An examination of preservice elementary teachers' representations about chemistry in an intertextuality- and modeling-based course. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 681–693. <https://doi.org/10.1039/c7rp00150a>
- Sen, S., & Yilmaz, A. (2017). The development of a three-tier chemical bonding concept test. *Journal of Turkish Science Education*, 14(1), 110–126. <https://doi.org/10.12973/tused.10193a>
- Sendur, G., & Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 431–449. <https://doi.org/10.1039/c3rp00019b>
- Silberberg. (2018). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Stojanovska, M. I., Petruševski, V. M., & Šoptrajanov, B. T. (2012). Addressing students' misconceptions concerning chemical reactions and symbolic representations. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, 21(6), 829–852.
- Stojanovska, M. I., Soptrajanov, B. T., & Petruševski, V. M. (2012). Addressing Misconceptions about the Particulate Nature of Matter among Secondary-School and High-School Students in the Republic of Macedonia. *Scientific Research : Creative Education*, 03(05), 619–631.

<https://doi.org/10.4236/ce.2012.35091>

- Stokes, A., King, H., & Libarkin, J. C. (2007). Research in Science Education: Threshold Concepts. *Journal of Geoscience Education*, 55(5), 434–438. <https://doi.org/10.1080/10899995.2007.12028059>
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet.” *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Taslidere, E. (2016). Development and use of a three-tier diagnostic test to assess high school students’ misconceptions about the photoelectric effect. *Research in Science and Technological Education*, 34(2), 164–186. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1124409>
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students’ misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Tsui, C. Y., & Treagust, D. (2010). Evaluating secondary students’ scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1073–1098. <https://doi.org/10.1080/09500690902951429>
- Türkoguz, S. (2020). Investigation of Three-Tier Diagnostic and Multiple Choice Tests on Chemistry Concepts with Response Change Behaviour. *International Education Studies*, 13(9), 10. <https://doi.org/10.5539/ies.v13n9p10>
- Tuysuz, C. (2009). Development of two-tier diagnostic instrument and assess students’ understanding in chemistry. *Scientific Research and Essays*, 4(6), 626–631.
- Ulfa, A. M., Wiji, W., & Mulyani, S. (2020). Conception, threshold concepts and troublesome knowledge in chemical reactions topic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042068>
- Vosniadou, S. (2002). Mental Models in Conceptual Development. *Model-Based Reasoning*, 353–368. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0605-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0605-8_20)
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the Earth. *Cognitive Science*, 18, 123–183.
- Vrabec, M., & Prokša, M. (2016). Identifying Misconceptions Related to Chemical Bonding Concepts in the Slovak School System Using the Bonding Representations Inventory as a Diagnostic Tool. *Journal of Chemical*

- Education*, 93(8), 1364–1370. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00953>
- Wang, C.-Y. (2007). The role of mental-modeling ability, content knowledge, and mental models in general chemistry students' understanding about molecular polarity. In *Disertasi* (Vol. 70, Issues 3-A). University of Missouri, Columbia.
- Wang, Z., Chi, S., Luo, M., Yang, Y., & Huang, M. (2017). Development of an instrument to evaluate high school students' chemical symbol representation abilities. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 875–892. <https://doi.org/10.1039/c7rp00079k>
- Whitten, K., Davis, R. E., Peck, M. L., & Stanley, G. G. (2014). International table of atomic weights. In *Chemistry* (10th ed.). Cengage Learning. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-706956-2.50032-4>
- Wiersma, W. (2000). *Wiersma, W., (2000). Research in Education : An Introduction. Boston : Allyn and Bacon.*
- Wiji, W., Widhiyanti, T., Delisma, D., & Mulyani, S. R. I. (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.
- Yan, Y. K., & Subramaniam, R. (2016). Diagnostic appraisal of grade 12 students' understanding of reaction kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1114–1126. <https://doi.org/10.1039/c6rp00168h>
- Yan, Y. K., & Subramaniam, R. (2018). Using a multi-tier diagnostic test to explore the nature of students' alternative conceptions on reaction kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 213–226. <https://doi.org/10.1039/C7RP00143F>
- Yildirim, H. E., & Demirkol, H. (2018). Identifying mental models of students for physical and chemical change. *Journal of Baltic Science Education*, 17(6), 986–1004. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.986>