

**PROFIL MODEL MENTAL SISWA PADA SUBMATERI ASPEK  
KUANTITATIF SEL ELEKTROLISIS DENGAN MENGGUNAKAN TES  
DIAGNOSTIK MODEL MENTAL *INTERVIEW ABOUT EVENT* (TDM-  
IAE)**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai bagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana  
Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia



Disusun oleh:  
Nadiyyah Nur Azizah  
NIM 2005315

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**PROFIL MODEL MENTAL SISWA PADA SUBMATERI ASPEK  
KUANTITATIF SEL ELEKTROLISIS DENGAN MENGGUNAKAN TES  
DIAGNOSTIK MODEL MENTAL *INTERVIEW ABOUT EVENT* (TDM-  
IAE)**

Oleh  
Nadiyyah Nur Azizah  
2005315

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

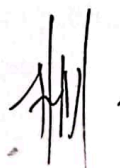
© Nadiyyah Nur Azizah 2024  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2024

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**NADIYYAH NUR AZIZAH**

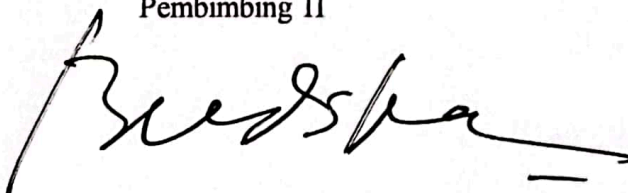
**PROFIL MODEL MENTAL SISWA PADA SUBMATERI ASPEK KUANTITATIF SEL  
ELEKTROLISIS DENGAN MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK MODEL MENTAL  
*INTERVIEW ABOUT EVENT (TDM-IAE)***

Disetujui dan disahkan oleh,  
Pembimbing I



Dr. Sri Mulyani, M.Si.  
NIP. 196111151986012001

Pembimbing II



Dr. H. Budiman Anwar, S.Si., M.Si.  
NIP. 197003131997031004

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Pendidikan Kimia



Dr. Wiji, M.Si.  
NIP. 197204302001121001

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Profil Model Mental Siswa pada Submateri Aspek Kuantitatif Sel Elektrolisis dengan Menggunakan Tes Diagnostik Model Mental *Interview About Event* (TDM-IAE)” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya dengan bimbingan dosen pembimbing saya yaitu Ibu Dr. Sri Mulyani, M.Si. dan Bapak Dr. H. Budiman Anwar, S.Si., M.Si. 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 ini.

Bandung, Agustus 2024

Yang Membuat Pernyataan,



Nadiyah Nur Azizah

NIM 2005315

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Profil Model Mental Siswa pada Submateri Aspek Kuantitatif Sel Elektrolisis dengan Menggunakan Tes Diagnostik Model Mental *Interview About Event* (TDM-IAE). Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FPMIPA) Universitas Pendidikan Indonesia.

Selama penulisan skripsi ini banyak sekali hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa skripsi yang disusun belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi referensi bagi perkembangan penelitian berikutnya.

Bandung, Agustus 2024

Penulis



Nadiyyah Nur Azizah

NIM 2005315

## UCAPAN TERIMA KASIH

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Sri Mulyani, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. H. Budiman Anwar, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Sri Mulyani, M.Si. dan Ibu Qonita Mu'minah. S.Pd., M.Si.P. yang sudah memvalidasi instrumen penulis untuk melakukan penelitian.
3. Bapak Dr. Wiji, M. Si selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia UPI yang telah memberikan kemudahan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
4. Ibu Triannisa Rahmawati, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi, arahan serta semangat kepada penulis selama menempuh pendidikan.
5. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Kimia yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh perkuliahan.
6. Ibu Tin Mulyawati selaku guru kelas XII SMAN 25 Bandung yang telah membantu dalam merekomendasikan partisipan penelitian dan alumni siswa SMAN 25 Bandung yang telah meluangkan waktunya untuk menjadi partisipan pada penelitian ini.
7. Orangtua, kakak-kakak tercinta dan keluarga yang senantiasa mendoakan, memotivasi, dan mendukung penulis dalam berbagai hal sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan, Alfina, Azzahra, Nifela dan Agnia yang selalu berbagi pengalaman dan memberikan motivasi serta semangat kepada penulis selama perkuliahan dan untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman pendidikan kimia 2020 B yang telah kebersamai dan memberikan semangat kepada penulis selama perkuliahan.

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh profil model mental siswa pada submateri aspek kuantitatif sel elektrolisis. Partisipan dalam penelitian ini adalah tujuh siswa dengan tiga tingkat kemampuan akademik berbeda, yaitu dua siswa kemampuan tinggi, tiga siswa kemampuan sedang, dan dua siswa kemampuan rendah. Siswa yang dimaksud merupakan individu yang telah lulus dari kelas XII namun pada saat kelas XII telah mempelajari submateri aspek kuantitatif sel elektrolisis. Metode yang digunakan adalah kualitatif dengan analisis deskriptif menggunakan instrumen penelitian berupa Tes Diagnostik Model Mental *Interview About Event* (TDM-IAE). Berdasarkan hasil penelitian, pada frasa kunci menghitung massa logam produk dan menghitung volume gas produk pada STP jika diketahui kuat arus dan waktu, ditemukan tiga tipe model mental yaitu tipe PU (*Partial Understanding*), tipe SM (*Specific Misconceptions*), dan tipe NU (*No Understanding*). Pada frasa kunci menghitung kuat arus jika diketahui massa logam produk dan waktu, ditemukan tiga tipe model mental yaitu tipe PU (*Partial Understanding*), tipe PU-SM (*Partial Understanding with a Specific Misconceptions*), dan tipe NU (*No Understanding*). Pada frasa kunci menghitung waktu jika diketahui volume gas produk pada STP dan kuat arus, ditemukan tiga tipe model mental yaitu tipe SU (*Sound Understanding*), tipe PU-SM (*Partial Understanding with a Specific Misconceptions*), dan tipe NU (*No Understanding*). Pada frasa kunci menghitung massa endapan sel 2 yang dirangkai seri jika diketahui massa endapan sel 1, ditemukan empat tipe model mental yaitu tipe PU (*Partial Understanding*), tipe PU-SM (*Partial Understanding with a Specific Misconceptions*), tipe SM (*Specific Misconceptions*), dan tipe NU (*No Understanding*).

Kata kunci: profil model mental, TDM-IAE, aspek kuantitatif sel elektrolisis

## **ABSTRACT**

*This study aims to obtain the profile of students' mental models on the subtopic of quantitative aspects of electrolysis cells. The participants in this study were seven students with three different levels of academic ability: two high-ability students, three medium-ability students, and two low-ability students. These students had graduated from the twelfth grade but had studied the subtopic of quantitative aspects of electrolysis cells while in the twelfth grade. The research method used was qualitative with descriptive analysis, utilizing the Mental Model Diagnostic Test Interview About Events (TDM-IAE) as the research instrument. Based on the research findings, three types of mental models were identified in the key phrase "calculating the mass of the metal product and the volume of the gas product at STP if the current strength and time are known": Partial Understanding (PU), Specific Misconceptions (SM), and No Understanding (NU). In the key phrase "calculating the current strength if the mass of the metal product and time are known," three types of mental models were found: Partial Understanding (PU), Partial Understanding with Specific Misconceptions (PU-SM), and No Understanding (NU). In the key phrase "calculating the time if the volume of the gas product at STP and the current strength are known," three types of mental models were identified: Sound Understanding (SU), Partial Understanding with Specific Misconceptions (PU-SM), and No Understanding (NU). In the key phrase "calculating the mass of the deposit in cell 2 arranged in series if the mass of the deposit in cell 1 is known," four types of mental models were identified: Partial Understanding (PU), Partial Understanding with Specific Misconceptions (PU-SM), Specific Misconceptions (SM), and No Understanding (NU).*

*Keywords: mental model profile, TDM-IAE, quantitative aspects of electrolysis cells*



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Struktur Organisasi Skripsi .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Profil Model Mental .....	7
2.2 Tes Diagnostik Model Mental <i>Interview About Event (IAE)</i> .....	12
2.3 Sel Elektrolisis.....	14
2.3.1 Sel Elektrolisis Lelehan.....	15
2.3.2 Sel Elektrolisis Larutan dengan Elektroda Inert .....	17
2.3.3 Sel Elektrolisis Larutan dengan Elektroda Aktif.....	18
2.4 Aspek Kuantitatif Sel Elektrolisis .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	22
3.1 Desain Penelitian .....	22
3.2 Partisipan Penelitian .....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1 Tahap Persiapan .....	23
3.3.2 Tahap pelaksanaan .....	24

3.3.3	Tahap Akhir.....	25
3.4	Instrumen Penelitian.....	27
3.5	Pengembangan Instrumen Penelitian .....	30
3.5.1	Hasil Validasi .....	30
3.5.2	Hasil Uji Coba.....	31
3.6	Teknik Pengumpulan Data.....	31
3.7	Teknik Pengolahan Data .....	33
<b>BAB IV</b>	<b>TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1	Profil Model Mental Siswa Berdasarkan Kemampuan Akademik pada Submateri Aspek Kuantitatif Sel Elektrolisis .....	40
4.1.1	Profil Model Mental Siswa Berkemampuan Tinggi pada Submateri Aspek Kuantitatif Sel Elektrolisis.....	40
4.1.2	Profil Model Mental Siswa Berkemampuan Sedang pada Submateri Aspek Kuantitatif Sel Elektrolisis.....	122
4.1.3	Profil Model Mental Siswa Berkemampuan Rendah pada Submateri Aspek Kuantitatif Sel Elektrolisis.....	223
4.2	Profil Model Mental Siswa pada Setiap Frasa Kunci Submateri Aspek Kuantitatif Sel Elektrolisis .....	267
4.2.1	Profil Model Mental Siswa pada Frasa Kunci Menghitung Massa Logam Produk Jika Diketahui Kuat Arus dan Waktu .....	268
4.2.2	Profil Model Mental Siswa pada Frasa Kunci Menghitung Volume Gas Produk Pada Keadaan STP Jika Diketahui Kuat Arus dan Waktu.....	269
4.2.3	Profil Model Mental Siswa pada Frasa Kunci Menghitung Kuat Arus Jika Diketahui Massa Logam Produk dan Waktu.....	269
4.2.4	Profil Model Mental Siswa pada Frasa Kunci Menghitung Waktu Jika Diketahui Volume Gas Produk Pada STP dan Kuat Arus .....	270
4.2.5	Profil Model Mental Siswa pada Frasa Kunci Menghitung Massa Endapan Pada Sel 2 yang Dirangkai Secara Seri Jika Diketahui Massa Endapan Pada Sel 1.....	271
<b>BAB V</b>	<b>SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI .....</b>	<b>273</b>
5.1	Simpulan.....	273
5.2	Implikasi .....	274

5.3	Rekomendasi.....	274
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>276</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>287</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Hubungan Teknik Pengumpulan Data, Instrumen, Data yang Diperoleh dan Sumber Data.....	32
Tabel 3. 2 Tipe Model Mental Siswa .....	38
Tabel 4. 1 Hasil Interpretasi Jawaban Siswa Berkemampuan Tinggi Untuk Fenomena 1 (Sel Elektrolisis Lelehan) .....	40
Tabel 4. 2 Hasil Interpretasi Jawaban Siswa Berkemampuan Tinggi Untuk Fenomena 2 (Sel Elektrolisis Larutan dengan Elektroda Inert yang Dirangkai Secara Seri dengan Sel Elektrolisis Larutan Dengan Elektroda Aktif).....	52
Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Jawaban Siswa Berkemampuan Sedang Untuk Fenomena 1 (Sel Elektrolisis Lelehan) .....	122
Tabel 4.4 Hasil Interpretasi Siswa Berkemampuan Sedang Untuk Fenomena 2 (Sel Elektrolisis Larutan dengan Elektroda Inert yang Dirangkai Secara Seri dengan Sel Elektrolisis Larutan Dengan Elektroda Aktif) .....	140
Tabel 4.5 Hasil Interpretasi Siswa Berkemampuan Rendah Untuk Fenomena 1 (Sel Elektrolisis Lelehan) .....	223

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tiga tingkat representasi yang digunakan dalam Kimia (Jansoon dkk., 2009).....	10
Gambar 2.2 Keterkaitan antara model mental dan 3 level representasi Kimia (Ulinnaja dkk., 2019) .....	11
Gambar 2.3 Sel Elektrolisis Lelehan (Whitten dkk., 2014).....	16
Gambar 2.4 Reaksi sel secara keseluruhan untuk rangkaian sel elektrolisis $\text{CuBr}_2$ (Brady, 2012) .....	18
Gambar 2.5 Sel elektrolisis dengan elektroda logam aktif untuk menyepuh nikel pada sepotong baja. ....	18
Gambar 2.6 Kemungkinan reaksi oksidasi pada sel elektrolisis larutan $\text{NiSO}_4$ ....	19
Gambar 2.7 Urutan konversi yang digunakan untuk menghitung jumlah produk yang dihasilkan dengan melewatkan arus melalui sel elektrolitik untuk jangka waktu tertentu (Brady, 2012) .....	21
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Pola Jawaban Siswa Pada Fenomena Sel Elektrolisis Lelehan .....	36
Gambar 3.3 Pola Jawaban Siswa Pada Fenomena Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Aktif yang Dirangkai Seri dengan Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Inert.....	37
Gambar 4.1 Pola Jawaban Siswa 1 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Lelehan .....	64
Gambar 4.2 Pola Jawaban Siswa 1 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Aktif yang Dirangkai Seri dengan Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Inert.....	65
Gambar 4.3 Pola Jawaban Siswa 2 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Lelehan .....	66
Gambar 4.4 Pola Jawaban Siswa 2 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Aktif yang Dirangkai Seri dengan Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Inert.....	67
Gambar 4.5 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan $\text{NaCl}$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 1).....	70

Gambar 4.6 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 1) .....	71
Gambar 4.7 Arah aliran elektron pada rangkaian sel elektrolisis (siswa 1) .....	71
Gambar 4.8 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis lelehan NaCl (siswa 1) .....	73
Gambar 4.9 Perhitungan massa logam Na (siswa 1) .....	75
Gambar 4.10 Penyelesaian soal frasa kunci pertanyaan utama 2 (siswa 1) .....	76
Gambar 4.11 Perhitungan jumlah mol Na untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 1) .....	79
Gambar 4.12 Perhitungan jumlah mol elektron untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 1) .....	79
Gambar 4.13 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 1) .....	79
Gambar 4.14 Perhitungan kuat arus untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 1) .....	80
Gambar 4.15 Penyelesaian soal frasa kunci pertanyaan utama 4 (siswa 1) .....	81
Gambar 4.16 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 1) .....	84
Gambar 4.17 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 1) .....	85
Gambar 4.18 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> (siswa 1) .....	90
Gambar 4.19 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 1) .....	90
Gambar 4.20 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 1) .....	91
Gambar 4.21 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> (siswa 1) .....	93
Gambar 4.22 Perhitungan jumlah mol Ni yang dihasilkan pada sel 1 (siswa 1) ...	94
Gambar 4.23 Perhitungan jumlah massa produk untuk frasa kunci pada fenomena 2 (siswa 1) .....	94

Gambar 4.24 Perhitungan jumlah mol elektron yang terlibat pada sel 2 (siswa 1) .....	95
Gambar 4.25 Perhitungan jumlah mol produk pada fenomena 2 (siswa 1) .....	96
Gambar 4.26 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 2).....	98
Gambar 4.27 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 2).....	98
Gambar 4.28 Arah aliran elektron pada rangkaian sel elektrolisis (siswa 2) .....	99
Gambar 4.29 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis lelehan NaCl (siswa 2).....	100
Gambar 4.30 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 2) .....	101
Gambar 4.31 Perhitungan jumlah mol elektron yang terlibat pada sel untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 2) .....	101
Gambar 4.32 Perhitungan massa logam Na (siswa 2).....	103
Gambar 4.33 Perhitungan jumlah mol produk pada frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 2) .....	105
Gambar 4.34 Perhitungan volume gas produk pada frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 2) .....	105
Gambar 4.35 Perhitungan jumlah mol Na untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 2) .....	106
Gambar 4.36 Perhitungan jumlah mol elektron untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 2) .....	106
Gambar 4.37 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 1) .....	107
Gambar 4.38 Perhitungan kuat arus untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 1) .....	107
Gambar 4.39 Penyelesaian soal frasa kunci pertanyaan utama 4 (siswa 2) .....	108
Gambar 4.40 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 2).....	112

Gambar 4.41 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 2) .....	112
Gambar 4.42 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> (siswa 1) .....	116
Gambar 4.43 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 2).....	116
Gambar 4.44 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 2).....	117
Gambar 4. 45 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> (siswa 2).....	119
Gambar 4. 46 Perhitungan jumlah mol Ni yang dihasilkan pada sel 1 (siswa 2)	119
Gambar 4. 47 Perhitungan jumlah mol elektron yang terlibat pada sel 2 (siswa 2) .....	121
Gambar 4. 48 Perhitungan jumlah mol produk pada fenomena 2 (siswa 2) .....	121
Gambar 4. 49 Perhitungan massa produk pada fenomena 2 (siswa 2).....	121
Gambar 4.50 Pola Jawaban Siswa 3 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Lelehan .....	154
Gambar 4.51 Pola Jawaban Siswa 3 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Aktif yang Dirangkai Seri dengan Sel elektrolisis Larutan Elektroda Inert.....	155
Gambar 4.52 Pola Jawaban Siswa 4 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Lelehan .....	156
Gambar 4. 53 Pola Jawaban Siswa 4 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Aktif yang Dirangkai Seri dengan Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Inert.....	157
Gambar 4. 54 Pola Jawaban Siswa 5 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Lelehan .....	158
Gambar 4. 55 Pola Jawaban Siswa 5 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Aktif yang Dirangkai Seri dengan Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Inert.....	159



Gambar 4.56 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 3).....	162
Gambar 4.57 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 3).....	163
Gambar 4.58 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis lelehan NaCl (siswa 3).....	165
Gambar 4.59 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 3) .....	165
Gambar 4.60 Perhitungan massa logam Na (siswa 3).....	167
Gambar 4.61 Perhitungan jumlah mol gas produk (siswa 3) .....	168
Gambar 4.62 Perhitungan volume gas produk pada frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 3) .....	169
Gambar 4.63 Perhitungan jumlah mol Na( <i>l</i> ) untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 3) .....	170
Gambar 4.64 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 3) .....	171
Gambar 4.65 Perhitungan kuat arus untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 3) .....	172
Gambar 4.66 Perhitungan jumlah mol gas untuk probing umum frasa kunci pertanyaan utama 4 (siswa 3).....	173
Gambar 4.67 Perhitungan jumlah mol elektron untuk probing umum frasa kunci pertanyaan utama 4 (siswa 3).....	173
Gambar 4.68 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk probing umum frasa kunci pertanyaan utama 4 (siswa 3).....	174
Gambar 4.69 Perhitungan waktu untuk probing umum frasa kunci pertanyaan utama 4 (siswa 3) .....	174
Gambar 4.70 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 3).....	177
Gambar 4.71 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 3).....	178

Gambar 4.72 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan $\text{NiSO}_4$ (siswa 1) .....	180
Gambar 4.73 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 3).....	180
Gambar 4.74 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 3).....	181
Gambar 4.75 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ (siswa 2).....	182
Gambar 4.76 Perhitungan jumlah mol Ni yang dihasilkan pada sel 1 (siswa 3).	183
Gambar 4.77 Perhitungan jumlah massa produk untuk frasa kunci pada fenomena 2 (siswa 3) .....	183
Gambar 4.78 Perhitungan jumlah mol elektron yang terlibat pada sel 2 (siswa 2) .....	183
Gambar 4.79 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan $\text{NaCl}$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 4).....	188
Gambar 4.80 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan $\text{NaCl}$ setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 4) .....	188
Gambar 4.81 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis lelehan $\text{NaCl}$ (siswa 4).....	189
Gambar 4.82 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 4) .....	190
Gambar 4. 83 Perhitungan jumlah mol elektron untuk frasa kunci pertanyaan utama 2 (siswa 4) .....	191
Gambar 4.84 Perhitungan massa logam Na (siswa 4).....	192
Gambar 4.85 Perhitungan jumlah mol gas produk untuk frasa kunci pertanyaan utama 2 (siswa 4).....	194
Gambar 4.86 Perhitungan volume gas produk untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 4) .....	194
Gambar 4.87 Perhitungan jumlah mol produk untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 4) .....	195

Gambar 4. 88 Perhitungan jumlah mol elektron untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 4) .....	195
Gambar 4. 89 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 4).....	196
Gambar 4.90 Perhitungan kuat arus untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 4) .....	196
Gambar 4.91 Penyelesaian soal frasa kunci pertanyaan utama 4 (siswa 4) .....	197
Gambar 4.92 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 4).....	199
Gambar 4.93 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 4).....	201
Gambar 4.94 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> (siswa 4) .....	203
Gambar 4.95 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 4).....	203
Gambar 4.96 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 4).....	204
Gambar 4.97 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> (siswa 4).....	205
Gambar 4.98 Perhitungan jumlah mol Ni yang dihasilkan pada sel 1 (siswa 4) .	205
Gambar 4.99 Perhitungan jumlah mol elektron yang terlibat pada sel 2 (siswa 4) .....	206
Gambar 4.100 perhitungan massa produk pada fenomena 2 (siswa 4) .....	207
Gambar 4.101 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 5).....	208
Gambar 4.102 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 5) .....	208
Gambar 4.103 Arah aliran elektron pada rangkaian sel elektrolisis (siswa 5) ....	209
Gambar 4.104 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis lelehan NaCl (siswa 5) .....	210

Gambar 4.105 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 5).....	210
Gambar 4.106 Perhitungan jumlah mol elektron untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 5) .....	211
Gambar 4.107 Perhitungan jumlah mol produk untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 5) .....	211
Gambar 4.108 Perhitungan massa logam Na (siswa 5).....	212
Gambar 4.109 Perhitungan jumlah mol gas produk untuk frasa kunci pertanyaan utama 2 (siswa 5).....	212
Gambar 4.110 Perhitungan jumlah mol Na(l) untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 5) .....	213
Gambar 4. 111 Perhitungan jumlah mol elektron untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 5).....	214
Gambar 4.112 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 5).....	214
Gambar 4.113 Perhitungan kuat arus untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 5).....	214
Gambar 4.114 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 5) .....	216
Gambar 4.115 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 5) .....	217
Gambar 4.116 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> (siswa 5) .....	218
Gambar 4.117 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 5).....	218
Gambar 4.118 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 1).....	219
Gambar 4.119 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan CuBr <sub>2</sub> (siswa 2).....	220
Gambar 4.120 Perhitungan jumlah mol elektron yang terlibat pada sel 2 (siswa 5) .....	221

Gambar 4.122 Pola Jawaban Siswa 6 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Lelehan .....	240
Gambar 4.123 Pola Jawaban Siswa 6 Untuk Fenomena Rangkaian Sel Elektrolisis Larutan yang Dirangkai Secara Seri.....	241
Gambar 4.124 Pola Jawaban Siswa 7 Untuk Fenomena Sel Elektrolisis Lelehan .....	242
Gambar 4.125 Pola Jawaban Siswa 7 Untuk Fenomena Sel Elektrolisis Larutan Elektroda aktif yang Dirangkai Seri dengan Sel Elektrolisis Larutan Elektroda Inert .....	243
Gambar 4.125 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 6).....	244
Gambar 4.126 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan NaCl setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 6).....	245
Gambar 4.127 Arah aliran elektron pada rangkaian sel elektrolisis (siswa 6) ....	245
Gambar 4. 128 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis lelehan NaCl (siswa 6) .....	247
Gambar 4.129 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 6).....	248
Gambar 4.130 Perhitungan jumlah mol produk untuk frasa kunci pertanyaan utama 3 (siswa 6) .....	249
Gambar 4.131 Perhitungan jumlah mol produk untuk frasa kunci pertanyaan utama 4 (siswa 6) .....	250
Gambar 4.132 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 6) .....	251
Gambar 4.133 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 6) .....	252
Gambar 4.134 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> (siswa 6) .....	254
Gambar 4.135 Penulisan reaksi yang terjadi di anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan NiSO <sub>4</sub> (siswa 6).....	254

Gambar 4.136 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 6).....	254
Gambar 4.137 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 6).....	254
Gambar 4.138 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ (siswa 6).....	255
Gambar 4.139 Penulisan reaksi yang terjadi di anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ (siswa 6) .....	255
Gambar 4.140 Perhitungan jumlah mol Ni yang dihasilkan pada sel 1 (siswa 6) .....	255
Gambar 4.141 Perhitungan massa endapan nikel yang dihasilkan pada sel 2 (siswa 6).....	256
Gambar 4.142 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan $\text{NaCl}$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 7).....	257
Gambar 4.143 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis lelehan $\text{NaCl}$ setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 7).....	257
Gambar 4.144 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda dan anoda pada rangkaian sel elektrolisis lelehan $\text{NaCl}$ (siswa 7).....	259
Gambar 4.145 Perhitungan jumlah muatan listrik untuk frasa kunci pertanyaan utama 1 (siswa 7).....	259
Gambar 4.146 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan $\text{NiSO}_4$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 7) .....	263
Gambar 4.147 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan $\text{NiSO}_4$ setelah sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 7) .....	263
Gambar 4.148 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan $\text{NiSO}_4$ (siswa 7) .....	265
Gambar 4.149 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 7).....	265
Gambar 4.150 Penggambaran spesi pada kompartemen sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ sebelum sel dihubungkan dengan sumber arus (siswa 7).....	266

Gambar 4.151 Penulisan reaksi yang terjadi di katoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ (siswa 7).....	266
Gambar 4.152 Penulisan reaksi yang terjadi di anoda pada rangkaian sel elektrolisis larutan $\text{CuBr}_2$ (siswa 7) .....	267
Gambar 4.153 Perhitungan jumlah mol Ni yang dihasilkan pada sel 1 (siswa 6) .....	267

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Contoh Transkripsi Hasil Wawancara .....	288
Lampiran 2. Permohonan Surat Izin Penelitian .....	315



**DAFTAR PUSTAKA**

- Abd Halim, N. D., Ali, M. B., Yahaya, N., & Said, M. N. H. M. (2013). Mental model in learning chemical bonding: A preliminary study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 97, 224-228.
- 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>
- Acar, B. & Tarhan, L. (2007). Effect of cooperative learning strategies on student's understanding of concepts in electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 349-373.
- Adesoji, F. A., Omilani, N. A., & Dada, S. O. (2017). A comparison of perceived and actual; students' learning difficulties in physical chemistry. *International Journal of Brain and Cognitive Sciences*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.5923/j.ijbcs.20170601.01>.
- Aliyu, H., Yari, M. M. A., Talib, C. A., Aliyu, F., & Mani, B. U. (2021). Chemistry Students' Misconception of Faraday's Law of Electrolysis of Chemical Substances. *Chemistry*, 20, 21.
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2020). *KBBI Daring Versi 3.0.0.0-20200508174554*. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/profil>
- Bakar, M.N. & Tay, C.W. (2010). *Masalah pembelajaran pelajar tingkatan empat dalam mata pelajaran kimia khususnya tajuk elektrokimia*. [Form four students' problems in learning chemistry subject especially electrochemistry]. Retrieved on March 26, 2013 from <http://eprints.utm.my/11201/>
- Bong, A. Y. L., & Lee, T. T. (2016, June). Form four students' misconceptions in electrolysis of molten compounds and aqueous solutions. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching* (Vol. 17, No. 1).
- Brown, T. L., Lemay, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J., & Woodward, P. M.

- (2012). *Chemistry the central science (12th ed.)*. Illinois: Pearson Education, Inc.
- Brady, J. E. dkk. (2012). *Chemistry The Molecular Nature of Matter. 6th Edition*. USA: John Wiley and Sons Inc.
- Bunce, D. M., Gabel, D. L., & Samuel, K. B. (1991). Enhancing chemistry problem-solving achievement using problem categorization. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(6), 505-521.
- 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.
- Cameron, D. S. (2009). Chemistry, Electrochemistry, and Electrochemical Applications. *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources*, 876-882.
- Chang, Raymond dan Jason Overby. (2011). *General Chemistry: The Essential Concepts*. New York: McGraw-Hill.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L., & Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 195-212.
- 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.
- Cooper, J. M. (2010). *Those Who Can, Teach*. Boston, MA: Wadsworth Cengage Learning.
- Cruickshank, D. R., Jenkins, D. B., & Metcalf, K. K. (2009). *The act of teaching. 5th ed*. Boston: McGrawHill Higher Education.
- Dahsah, C., & Coll, R. K. (2008). Thai Grade 10 and 11 students' understanding of

- stoichiometry and related concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 573-600.
- Davidowitz B. & Chittleborough, G. D. (2009). *Linking The Macroscopic And Sub-Microscopic Levels*. Dordrecht: Springer. 169-191.
- Devetak, I. (2005). *Explaining the latent structure of understanding submicropresentations in science*. Unpublished dissertation, University of Ljubljana, Slovenia.
- Dewata, I. (2016). Analisis Proses Pembelajaran Pokok Bahasan Elektrokimia di Kelas XII SMAN 1 panti. *Ta'dib*, 14(1).
- Didis, Korhasan N., Eryilmaz A. dan Erkoc, S. (2016). The influence of instructional interactions on students' mental models about the quantization of physical observables: a modern physics course case, *Eur. J. Phys*, 37, 1–29.
- Dorsah, P., & Yaayin, B. (2019). Altering students misconceptions in electrochemistry using conceptual change texts. *International Journal Of Innovative Research & Development*, 8(11), 33-44.
- Keig, R., & Glynn, S. (1996). Mental modelling. In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Eds.), *Research in science education in Europe: Current issues and themes*, hlm. 166-176.
- Engelhardt, V. P., Edgar, D. C., & Rebello, S. N. (2003). Teaching Experiment-What it is and What isn't. *AIP Proceedings of the Physics Education Research Conference, Madison*. 720(3).
- Fajar, Marhaeni. (2009). Ilmu Komunikasi Teori dan Praktek. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Franco, C., & Colinvax, D. (2000). Grasping mental models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*, hlm. 93-118.
- Fraenkel, J.R. & Wallen, N.E. (2009). *How to Design and Evaluate Research in Education 7th Edition*. New-York: McGraw-Hill.
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education

- Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(2–4), 548–554. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1079–1099.
- Gentner, D. (1981). Generative analogies as mental models. *Proceedings Of the Third Annual Conference Of the Cognitive Science*. hlm 97-100.
- Gentner, D. (2002). *Mental Models, Psychology. International Encyclopedia of the Social and Behavioral Science*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*. hlm. 3-17.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). *Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education*. 1–8. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_1)
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Greca, I.M. dan Moreira, M.A. (2000). Mental Models, Conceptual Models, and Modelling. *International Journal of Science Education*. 22 (1) 1- 11.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2002). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Jansoon, N. R., Coll, E., dan Somsook. (2009). Understanding mental models of

- dilution in Thai students. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(2), 147-168.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press.
- Johnstone, A.H. (1993). The Development of Chemistry Teaching: A Changing Response to A Changing Demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), hlm. 701–705.
- Kozma, R. B. (2000). The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry. In M. J. Jacobson & R. B. Kozma (Eds.), *Innovations in science and mathematics education*, 1(3).
- Kozma, R. B., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists : Developing. *Visualization in Science Education*, 121–145.
- Kurnaz, M. A., & Eksi, C. (2015). An Analysis of High School Students' Mental Models of Solid Friction in Physics. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 15(3), 787-795.
- Laliyo, L. A. R. (2011). Model Mental Siswa dalam Memahami Perubahan Wujud Zat. *Jurnal Penelitian dan Pendidikan*. Volume 8, Nomor 1 (hlm 1-10).
- Lin J.-W. and Chiu M.-H., (2007), Exploring the characteristics and diverse sources of students' mental models of acids and bases, *Int. J. Sci. Educ.*, 29, 771–803.
- Li, W.S.S., Arshad, M.Y., 2014, 'Application of Multiple Representation Levels in Redox Reactions among Tenth Grade Chemistry Teachers', *Journal of Turkish Science Education*, 11(3), 35-52
- Marais, P., & Jordaan, F. (2000). Are we taking symbolic language for granted?. *Journal of Chemical Education*, 77(10), 1355–1357.
- McClary, L. and Talanquer, V. (2011). College Chemistry Students' Mental Models of Acids and Acid Strength. *Journal of Research In Science Teaching*. 48(4), 396–413.
- McMurry, J., E., dan Fay, R., C. (2012). *Chemistry Sixth Edition*. Amerika: Prentice

hall, inc.

- Mulford, D. R., & Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. *Journal of chemical education*, 79(6), 739.
- Mulyani, S., Liliyasi, & Wiji. (2015). Model Mental Calon Guru Kimia Mengenai Sifat Koligatif Larutan Melalui Pembelajaran Berbasis Tik Mental Model of Student Teachers on Colligative Properties Through Ict-Based Learning. *Jurnal Pendidikan Sains Tahun III*, 2, 123–132
- Mustafa, N. A. (2008). *Masalah pembelajaran tajuk elektrokimia di kalangan pelajar sekolah menengah dalam konteks penyelesaian masalah* (Doctoral dissertation, Universiti Teknologi Malaysia).
- 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, 301-325.
- Nersessian, N. J. (2010). Mental modeling in conceptual change. *International Journal on Humanistic Ideology*, 3(01), 11-48.
- Neufeld, Victoria. (1996). *Webster's New World College Dictionary Third Edition*. USA.
- Ogude, A. N., & Bradley, J. D. (1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells: Pre-college and college student interpretations. *Journal of chemical education*, 71(1), 29.
- Ornek, Funda. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *Internasional Journal of Enveronmental & Science Education*, 3 (2), 35-45.
- Osborne, R. J., & Gilbert, J. K. (1980). A Method for Investigating Concept Understanding in Science. *European Journal of Science Education*, 2(3), 311-321.
- Ozkaya, A. R. (2002). Conceptual Difficulties Experienced by Prospective

Teachers in Electrochemistry: Half-Cell Potential, Cell Potential, and Chemical and Electrochemical Equilibrium in Galvanic Cells, *J. Chem. Educ.*, 79, 735–738.

- Özmen, B., Matysik, F. M., Bings, N. H., & Broekaert, J. A. (2004). Optimization and evaluation of different chemical and electrochemical hydride generation systems for the determination of arsenic by microwave plasma torch optical emission spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 59(7), 941-950.
- Özmen, H. (2013). A Cross-National Review of the Studies on the Particulate Nature of Matter and Related Concepts. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 5(2), 81–110.
- Park, O. C., & Gittelman, S. S. (1995). Dynamic characteristics of mental models and dynamic visual displays. *Instructional Science*, 23, 303-320.
- Rahmi, C., Wiji, W., & Mulyani, S. (2020). Model mental miskonsepsi pada konsep kesetimbangan kelarutan. *Lantanida Journal*, 8(1), 64-72.
- Robinson, W. R. (2003). Chemistry problem-solving: Symbol, macro, micro, and process aspects. *Journal of Chemical Education*, 80(9), 978-982.
- Russell, J. W., & Kozma, R. B. (1994). 4M:CHEM-multimedia and mental models in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 71(8), 669. <https://doi.org/10.1021/ed071p669>.
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 34(4), 377-398.
- Sanjaya, Wina. (2013). *Penelitian Pendidikan, Jenis, Metode dan Prosedur*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Sari, R.P. dan Seprianto, 2018. Analisis Kemampuan Multipel Representasi Siswa Kelas XI pada Materi Asam Basa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. Universitas Samudra. pISSN: 2338-4379, eISSN: 2615-840.

- Sayekti, S. P. (2022). Systematic Literature Review : Pengembangan Asesmen Pembelajaran Kurikulum Merdeka Belajar Tingkat Sekolah Dasar. *Seminar Nasional Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 2, 23– 28. Retrieved from <https://prosiding.pgsd.uniku.ac.id/publisharticle/view/21>
- Schmidt H. J., M. A. and H. A. G. (2007). Factors that prevent learning in electrochemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 258–283. <https://doi.org/10.1002/tea>
- Seel, N. M. 2006. Mental Models in Learning Situations. Dalam G. E. Stelmach (Ed), *Advances in Psychichology* (hlm.85-107). Netherlands: Elsevier B.V.
- Sia, D. T., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2012). High school students' proficiency and confidence levels in displaying their understanding of basic electrolysis concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6), 1325–1345. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9338-z>
- Silberberg, Martin S. (2007). *Principles of General Chemistry*. USA: McGraw-Hill.
- Sirhan, G. (2007). Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2–20.
- Sukardi. (2014). *Metodologi penelitian pendidikan kompetensi dan praktiknya*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Supriyadi, S., Lia, R. M., Rusilowati, A., Isnaeni, W., & Suraji, S. (2022). Penyusunan Instrumen Asesmen Diagnostik untuk Persiapan Kurikulum Merdeka. *Journal of Community Empowerment* 2, 2(1), 67–73.
- Suryadi, A., & Husna, S. (2022). Asesmen diagnostik makro persiapan penerapan kurikulum merdeka MTsN 28 Jakarta. *JENTRE*, 3(2), 74-89.
- Suryana, S. (2010). Metodologi penelitian: Model praktis penelitian kuantitatif dan kualitatif. *Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung*.
- Taber, K. S. (2003). The atom in the chemistry curriculum: Fundamental concept, teaching model or epistemological obstacle?. *Foundations of Chemistry*, 5, 43-84.



- Taber, K.S. (2013) Revisiting The Chemistry Triplet: Drawing Upon The Nature of Chemical Knowledge and The Psychology of Learning to Inform Chemistry Education. *Chemistry Education Research Practice*, 14(2), hlm. 156-168.
- 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>
- Tbaer, A. &. (2009). *Learners' Mental Models of the Pnm*. XX(Xx), 7–20.
- Torrance, H. (2007). Assessment as learning? How the use of explicit learning objectives, assessment criteria and feedback in post-secondary education and training can come to dominate learning. *Assessment in Education*, 14(3), 281-294.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070306>
- Tumay, H. (2014). Prospective Chemistry Teacher's Mental Models of Vapor Pressure. *Royal Society of Chemistry*, 15, 359-366.
- Ültay, N., & Çalik, M. (2016). A comparison of different teaching designs of —acids and bases‡ subject. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(1), 57–86. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1422a>
- Ulinnaja, H., Subandi, S., & Muntholib, M. (2019). High school students' mental models on chemical equilibrium. *Jurnal Pendidikan Sains*, 7(2), 58-65.
- Ünal, S., Çalık, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies: Needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science and Technological Education*, 24(2), 141–172. <https://doi.org/10.1080/02635140600811536>
- Van Der Veer, C. G., & Del Carmen Puerta Melguizo, M. (2003). Mental Model.

- In J.A.Jacko & A. Sears (Eds). The human-computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies, and emerging applications. hlm. 52-80.
- Virtayanti, I. A., & Rohmah, R. S. (2020). Effectiveness of Structured-Worksheet Use To Reduce Student Misconceptions in Stoichiometry. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 5(2), 195–203. <https://doi.org/10.15575/jtk.v5i2.9873>
- Wandersee. (1994). *Research on alternative conceptions in science*. New york : macmilan.
- Wang, C. Y. (2007). *The role of mental-modeling ability, content knowledge, and mental models in general chemistry students' understanding about molecular polarity*. Dissertation. University of Missouri, Columbia.
- White, R dan Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. New York:Routledge.
- Whitten. K. W., dkk. (2014). *General Chemistry, 10<sup>th</sup> Edition*. USA: Brooks/Cole.
- Wiersma, W. (2000). *Research method in education: an introduction*. Needham Heights: Allyn and Bacon.
- Wiliams, D. (1999). *A Template for ComputerAided Diagnostic Analyses of Test Outcome Data. Paper presented at 25th annual conference of the International Association for Educational Assessment held at Bled*. Slovenia: King's college London School of Education.
- Wu, K.-y. (1993). Classroom Interaction and Teacher Questions Revisited. *RELC Journal*, 49-68.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Yari, V., Azaiza, E., & Azaiza, D. (2021). Teaching electrolysis using STSE method, multidisciplinary approach. *World*, 3(2).

- Yoni, A. A. S., Suja, I. W., & Karyasa, I. W. (2019). Profil Model Mental Siswa Sma Kelas X Tentang Konsep-Konsep Dasar Kimia Pada Kurikulum Sains Smp. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 2(2), 64–69.
- Young, R. M. (1983). *Surrogates and mappings: Two kinds of conceptual models for interactive devices*. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* hlm. 35-52.
- Yuwono, A. (2010). Profil Siswa SMA dalam Memecahkan Masalah Matematika Ditinjau dari Tipe Kepribadian. Tesis. Surakarta: PPS Universitas Sebelas Maret.
- Zumdahl, S. S., Zumdahl, S. L. (2010). *Chemistry (eighth edition)*. United States of America: Cengage Learning.