

Dr. Albaiti, S.Pd., M.Pd.

MENGGONSTRUK MODEL MENTAL PEMBELAJAR

Dalam Mempelajari Materi Kimia



MENINGKONSTRUK
**MODEL MENTAL
PEBELAJAR**

Dalam Mempelajari Materi Kimia

Dr. Albaiti, S.Pd., M.Pd.

**MENINGKONSTRUK MODEL MENTAL PEBELAJAR DALAM
MEMPELAJARI MATERI KIMIA**

Ditulis oleh :
Dr. Albaiti, S.Pd., M.Pd.

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh
PT. Literasi Nusantara Abadi Grup
Perumahan Puncak Joyo Agung Residence Kav. B11 Merjosari
Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144
Telp : +6285887254603, +6285841411519
Email: literasinusantaraofficial@gmail.com
Web: www.penerbitlitnus.co.id
Anggota IKAPI No. 340/JTI/2022



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip
atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku
dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Maret 2024

Perancang sampul: Bagus Aji Saputra
Penata letak: Noufal Fahriza

ISBN : 978-623-114-716-5
vi + 124 hlm. ; 15,5x23 cm.

©Maret 2024

KATA PENGANTAR

Saat kita membicarakan kimia, seringkali kita dibawa pada perjalanan yang menarik dan mendalam dalam memahami struktur materi, interaksi partikel (atom, molekul, ion), dan perubahan yang terjadi di sekitar kita. Namun, di tengah keindahan dan kompleksitas konten kimia ini, terkadang peserta didik menghadapi tantangan dalam memahami dan menginternalisasi konsep-konsep kimia yang abstrak dan mendalam. Inilah mengapa kehadiran buku ini menjadi sangat penting. “Mengkonstruksi Model Mental Pebelajar dalam Mempelajari Materi Kimia” bukanlah sekadar kumpulan fakta dan rumus. Ini adalah panduan yang dirancang untuk membimbing peserta didik dalam membangun pemahaman yang utuh dan mendalam tentang kimia melalui pembentukan model mental.

Dalam buku ini, penulis membahas tentang model mental dan hasil penelitian yang berkaitan dengan model mental pebelajar pada materi kimia yaitu larutan penyangga, kenaikan titik didih larutan, penurunan titik beku larutan, dan kelarutan dan hasil kali kelarutan dalam memfasilitasi pemahaman konsep-konsep kimia yang kompleks dengan menggunakan pendekatan tiga level representasi kimia. Mulai dari eksplorasi visual hingga analogi yang memikat, penulis berusaha untuk menyajikan materi dengan cara yang merangsang pikiran dan membangun intuisi pebelajar.

Kita percaya bahwa setiap peserta didik memiliki potensi untuk menjadi ahli kimia yang terampil dan berpengetahuan luas. Dengan

landasan yang kuat dalam pemahaman konsep dan kemampuan membangun model mental yang tepat, tidak ada batasan bagi apa yang dapat dicapai oleh para pebelajar kimia. Penulis berharap bahwa buku ini tidak hanya menjadi sumber inspirasi, tetapi juga menjadi alat yang berguna bagi para pendidik, peserta didik, dan siapa pun yang tertarik dalam memperdalam pemahaman mereka tentang dunia yang penuh warna dan keajaiban dari kimia. Selamat membaca, dan mari kita bersama-sama mengeksplorasi keindahan dan kompleksitas kimia dengan semangat penasaran yang tak terbatas.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v

BAB I

MEMAHAMI KONSEP KIMIA DALAM PEMBELAJARAN 1

Pemahaman tentang Ilmu Kimia.....	4
Ilmu Kimia dan Pembelajaran Kimia.....	10

BAB II

MODEL MENTAL DALAM PEMBELAJARAN KIMIA 17

Apa Itu Model Mental.....	17
Hubungan Model Mental dan Pembelajaran Kimia	20

BAB III

MODEL MENTAL PADA MATERI LARUTAN PENYANGGA 27

Gambaran Submikroskopik dalam Larutan Penyangga.....	38
Hasil Penelitian Model Mental Mahasiswa Calon Guru Kimia Asal Papua pada Materi Larutan Penyangga.....	46
Hasil Penelitian Faktor-Faktor yang Berkontribusi terhadap Pembentukan Model Mental Mahasiswa Calon Guru Kimia	53

Hasil Penelitian Kemampuan Penalaran Mahasiswa Asal Papua.....	54
---	----

BAB IV

MODEL MENTAL PADA MATERI KENAIKAN TITIK DIDIH LARUTAN DAN PENURUNAN TITIK BEKU LARUTAN	59
Kenaikan Titik didih Larutan.....	60
Penurunan Titik Beku Larutan	66
Hasil Penelitian terhadap Hasil Belajar Calon Guru Kimia pada Level Makroskopik, Submikroskopik, dan Simbolik pada Materi Kenaikan Titik Didih Larutan dan Penurunan Titik Beku Larutan	73

BAB V

MODEL MENTAL PADA MATERI KELARUTAN DAN HASIL KALI KELARUTAN	89
Analisis Konsep-konsep Esensial dan Hasil Penelitian Konsepsi Alternatif Peserta Didik pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan	91
Faktor-faktor yang Berkontribusi terhadap Pembentukan Konsepsi Alternatif Peserta Didik pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan	104

BAB VI

PENUTUP	113
Daftar Pustaka	115
Tentang Penulis	123



BAB I

MEMAHAMI KONSEP KIMIA DALAM PEMBELAJARAN

Kimia adalah salah satu mata pelajaran yang dipelajari peserta didik mulai dari jenjang pendidikan menengah sampai perguruan tinggi. Pendidik kimia memiliki peran penting dalam membantu peserta didik memahami materi kimia dengan cara yang mudah dipahami. Ada banyak manfaat yang dapat diperoleh dari mempelajari kimia. Berikut adalah beberapa di antaranya:

1. Kita dapat memahami Dunia di Sekitar.
Kimia membantu kita memahami komposisi, struktur, sifat, dan perubahan materi di sekitar kita. Ini membuka mata kita termasuk peserta didik terhadap berbagai fenomena alam dan proses yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, seperti pembuatan makanan, pengobatan, pencemaran lingkungan, dan banyak lagi.
2. Pengembangan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi
Mempelajari kimia melibatkan pemecahan masalah, analisis data, pemikiran kritis dan kreatif serta memutuskan tindakan atau pengambilan keputusan. Pemahaman kita tentang kimia

membantu mengembangkan keterampilan berpikir logis, analitis, dan kreatif yang berguna dalam berbagai bidang, termasuk sains, teknik, dan kedokteran.

3. Membangun Pemahaman Ilmiah

Pengetahuan tentang kimia membantu dalam memahami prinsip-prinsip dasar sains, seperti hukum kekekalan massa dan energi. Ini membentuk dasar bagi pemahaman ilmiah yang lebih luas dan membantu dalam memahami konsep-konsep dalam disiplin ilmu lainnya.

4. Inovasi dan Teknologi.

Pemahaman tentang kimia memainkan peran kunci dalam inovasi dan pengembangan teknologi baru. Dengan memahami sifat dan perilaku kimia suatu materi, kita dapat mengembangkan bahan baru, obat-obatan, dan teknologi yang membantu meningkatkan kualitas hidup.

5. Kesadaran Lingkungan.

Kimia membantu kita memahami dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan. Ini memungkinkan kita untuk mengidentifikasi polutan dan mencari solusi untuk mengurangi dampak negatifnya pada lingkungan.

6. Pekerjaan dan Karir

Mempelajari kimia membuka berbagai peluang karir di berbagai bidang, termasuk sains, teknologi, kedokteran, farmasi, lingkungan, dan banyak lagi. Orang yang memahami kimia memiliki akses ke berbagai profesi yang berkembang pesat di pasar kerja global.

Dengan demikian, mempelajari kimia bukan hanya memberikan pemahaman tentang dunia di sekitar kita, tetapi juga membuka pintu bagi berbagai peluang dan pengembangan pribadi dan profesional.

Dalam dunia Pendidikan, peserta didik sering menghadapi beberapa kesulitan dalam mempelajari kimia. Berikut adalah beberapa masalah umum yang sering dihadapi peserta didik:

1. **Konsep-konsep kimia yang bersifat Abstrak**
Beberapa konsep dalam kimia, seperti struktur atom, ikatan kimia, dan stoikiometri, dapat terasa sangat abstrak bagi peserta didik. Memahami konsep ini membutuhkan pemikiran abstrak dan kemampuan untuk memvisualisasikan konsep-konsep tersebut.
2. **Penggunaan Bahasa Khusus**
Kimia memiliki bahasa khusus dengan istilah-istilah teknis yang mungkin tidak familiar bagi peserta didik. Mempelajari kosakata dan istilah kimia baru dapat menjadi tantangan bagi beberapa peserta didik, terutama jika mereka tidak memiliki latar belakang yang kuat dalam sains.
3. **Penggunaan atau Pelibatan Operasi Matematika**
Kimia sering kali melibatkan perhitungan matematika, terutama dalam hal stoikiometri dan perhitungan konsentrasi larutan. Peserta didik yang tidak percaya diri atau tidak menguasai konsep-konsep dasar matematika berpotensi menghadapi kesulitan dalam menerapkan konsep-konsep matematika ini dalam konteks kimia.
4. **Kesulitan Konseptual**
Beberapa peserta didik mungkin mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep yang mendasari kimia, seperti hukum kekekalan massa atau teori atom. Tanpa pemahaman yang benar tentang konsep-konsep dasar ini, peserta didik mungkin mengalami kesulitan dalam memahami materi yang lebih kompleks.
5. **Eksperimen Laboratorium**
Meskipun eksperimen laboratorium dapat menjadi pengalaman yang bermanfaat, beberapa peserta didik mungkin menghadapi kesulitan dalam memahami tujuan eksperimen, prosedur yang tepat, atau analisis hasil percobaan.

6. Konsentrasi dan Motivasi

Kimia membutuhkan pemahaman yang mendalam dan konsentrasi yang tinggi. Peserta didik yang kurang termotivasi atau sulit berkonsentrasi mungkin mengalami kesulitan dalam mempelajari materi kimia dengan efektif.

Penting bagi pendidik dan peserta didik untuk mengidentifikasi dan mengatasi kesulitan-kesulitan ini agar peserta didik dapat memahami kimia secara utuh.

Pemahaman tentang Ilmu Kimia

Sebelum kita membahas lebih jauh tentang materi kimia yang dipelajari dalam pembelajaran, perlu kita ketahui terlebih dahulu apa itu ilmu kimia, apa yang membedakan dengan cabang sains atau IPA lainnya yaitu biologi dan fisika. Setiap bidang sains, termasuk fisika, biologi, dan kimia, memiliki ciri unik. Fisika mempelajari hukum-hukum alam yang ditelusuri lebih lanjut secara deduktif melalui matematika (Rahayu dalam Dikti, 2001). Karakteristik yang membedakan ilmu kimia dari fisika dan biologi adalah sebagai berikut:

1. Ilmu kimia fokus mempelajari tentang materi (zat), termasuk struktur, sifat, dan reaksi-reaksi terjadi yang menghasilkan zat baru. Ilmu kimia mencakup pemahaman tentang atom, molekul, ikatan kimia, serta bagaimana zat berubah melalui reaksi kimia. Perbedaannya dengan fisika adalah bahwa dalam kimia kita mempelajari sifat-sifat khusus materi (zat), bukan sifat-sifat umumnya. Kimia mempelajari perubahan materi yang menghasilkan zat baru sedangkan fisika mempelajari perubahan materi yang tidak menghasilkan zat baru.
2. Ilmu kimia menyelidiki reaksi dan transformasi kimiawi yang terjadi dalam zat, termasuk interaksi antar atom, ion, dan molekul. Ini mencakup konsep seperti termodinamika kimia, kesetimbangan kimia, dan kinetika kimia. Sementara biologi mempelajari organisme dan proses kehidupan. Fisika biasanya

berkonsentrasi pada fenomena alam yang lebih luas seperti gaya, gerak, dan energi.

3. Ilmu kimia digunakan dalam banyak bidang, seperti farmasi, industri, pertanian, dan lingkungan, dan terkait erat dengan pengembangan bahan-bahan baru, obat-obatan, polimer, dan teknologi energi. Sementara fisika dan biologi juga digunakan dalam banyak bidang, hanya fokusnya berbeda.
4. Kimia seringkali beroperasi pada skala molekuler dan submolekuler, mempelajari struktur dan sifat zat pada tingkat atom, ion, dan molekul. Ini memungkinkan pembuatan bahan-bahan baru dengan sifat yang diinginkan atau memahami reaksi kimia dengan detail yang tinggi. Sebaliknya, fenomena yang lebih besar atau lebih abstrak biasanya dipelajari oleh fisika.
5. Kimia menggunakan model dan teori untuk menjelaskan perilaku dan reaksi zat. Model atom Bohr, teori kinetika molekul, dan teori ikatan valensi adalah beberapa contohnya. Dalam fisika, matematika sering digunakan untuk membuat hukum alam secara deduktif, tetapi dalam kimia, model konseptual biasanya digunakan untuk menjelaskan fenomena kimia.

Kimia dan biologi pada dasarnya adalah ilmu yang dilandasi pada eksperimen dan pengamatan. Dalam kimia pengamatan ini berkaitan dengan sifat-sifat zat yang mengikuti hukum dasar. Namun karena hukum-hukum dasar itu berkerja pada sistem yang rumit, maka antaraksinya dapat menghasilkan gejala-gejala baru. Teori bahwa kimia dan biologi adalah ilmu yang didasarkan pada eksperimen dan pengamatan, dengan penekanan khusus pada kimia, dapat dilihat dalam berbagai konteks, antara lain:

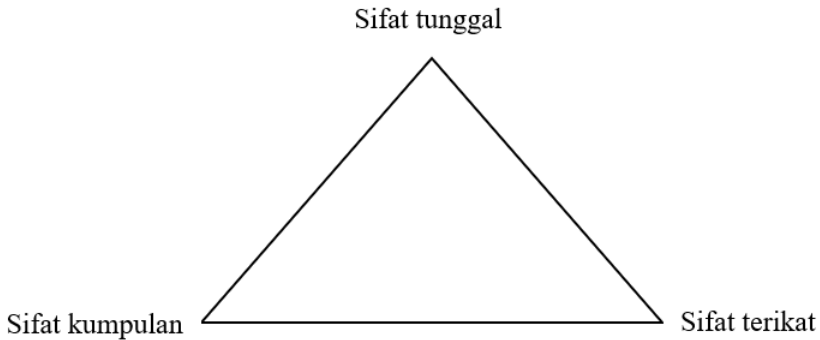
1. Untuk mengamati biologi pada tingkat molekuler, seringkali diperlukan pemahaman yang mendalam tentang kimia. Misalnya, pemahaman tentang struktur dan fungsi biomolekul seperti protein, asam nukleat, dan lipid sangat penting dalam biologi molekuler karena kimia memungkinkan kita untuk memahami

bagaimana interaksi antarmolekul ini memengaruhi fungsi sel dan organisme secara keseluruhan.

2. Memahami bagaimana aktivitas manusia memengaruhi lingkungan sangat bergantung pada kimia. Kita dapat memahami bagaimana polutan, seperti polutan pertanian atau industri, yang dilepaskan ke lingkungan dapat memengaruhi ekosistem dan organisme di dalamnya dengan melakukan eksperimen dan pengamatan. Pemahaman ini sangat penting untuk menjaga keberlanjutan lingkungan.
3. Dalam bidang farmakologi, pengamatan dan eksperimen digunakan untuk memahami bagaimana obat-obatan berinteraksi dengan tubuh manusia atau organisme lainnya. Dengan membuat senyawa kimia baru dan mempelajari bagaimana obat bekerja dalam tubuh, kimia memainkan peran penting dalam pembuatan obat baru.
4. Kimia berkontribusi pada pengembangan berbagai bahan dan teknologi baru, seperti baterai, polimer, dan material maju lainnya. Eksperimen kimia memungkinkan kita memahami sifat material ini dan cara mengoptimalkan kinerjanya, yang berdampak besar pada bidang seperti energi, teknologi informasi, dan kesehatan.
5. Bidang biokimia menggunakan pengamatan dan eksperimen untuk memahami reaksi kimia yang terjadi dalam sel dan organisme hidup. Misalnya, eksperimen membantu kita memahami proses fotosintesis dalam tanaman atau jalur metabolik dalam tubuh manusia. Sektor kesehatan, pertanian, dan bioteknologi membutuhkan pemahaman ini.

Kesimpulannya, bahwa eksperimen dan pengamatan dalam kimia dan biologi memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang sifat-sifat zat, interaksi molekuler, efek lingkungan, pengembangan bahan dan teknologi, serta proses biokimia yang mendasari kehidupan. Fokus kimia lebih pada sifat-sifat dan reaksi zat, sedangkan biologi lebih pada organisme hidup dan prosesnya.

Lebih lanjut, transisi antara sifat fisika dan kimia digambarkan Rahayu dalam Dikti (2001) melalui diagram segitiga berikut:



Gambar 1 Diagram Segitiga

Peralihan dari sifat tunggal menjadi sifat kumpulan menjadi bahan kajian dalam fisika secara mekanika dan termodinamika. Peralihan sifat dari sifat tunggal menjadi sifat terikat adalah kajian dalam kimia. Dengan demikian peralihan antara fisika dan kimia terletak pada garis vertikal yang melalui puncak segitiga di atas.

Pernyataan tersebut di atas menjelaskan bagaimana fisika dan kimia berbeda dalam cara mereka melihat sifat materi. Mari kita jelaskan lebih lanjut:

1. Fisika

Peralihan dari Sifat Tunggal ke Sifat Kumpulan

Dalam fisika, khususnya dalam mekanika dan termodinamika, seringkali terjadi pergeseran dari pemahaman tentang sifat tunggal suatu sistem ke pemahaman tentang sifat Kumpulan (kolektif) sistem yang lebih besar. Contohnya, kita mempelajari sifat partikel seperti massa, posisi, dan kecepatan dalam mekanika. Namun, dalam konteks sistem yang lebih besar, seperti sistem padat atau fluida, kita memperhatikan sifat kolektifnya, seperti tekanan, energi kinetik total, atau gerakan fluida. Termodinamika juga mengkaji sifat kolektif sistem, seperti suhu, tekanan, volume, dan energi total, serta bagaimana mereka berinteraksi satu sama

lain dalam proses termodinamika, seperti perubahan fasa atau reaksi kimia.

2. Kimia

Perubahan sifat dari sifat tunggal ke sifat yang terikat

Seringkali, dalam kimia, kita hanya tahu tentang sifat-sifat suatu zat. Kita kemudian belajar tentang bagaimana sifat-sifat tersebut berinteraksi satu sama lain dalam reaksi kimia atau campuran. Misalnya, kita dapat mempelajari sifat fisik dan kimia suatu senyawa, seperti titik leleh, titik didih, atau kestabilan kimia. Namun, sifat-sifat ini dapat berubah secara signifikan ketika zat-zat ini bereaksi satu sama lain, dan kita perlu memahami interaksi antara partikel dalam reaksi kimia tersebut. Atau kita dapat mempelajari sifat fisik dan kimia suatu senyawa, seperti titik leleh, titik didih, atau kestabilan kimia. Namun, sifat-sifat ini dapat berubah secara signifikan ketika zat-zat ini bereaksi satu sama lain, dan kita perlu memahami bagaimana partikel berinteraksi satu sama lain dalam reaksi kimia.

3. Pertemuan antara disiplin kimia dan fisika

Garis vertikal yang melintasi puncak segitiga di atas menunjukkan pergeseran fokus dari sifat fisika ke sifat kolektif ke sifat kimia yang terikat. Meskipun fokus mereka berbeda, kedua ilmu tersebut saling terkait dan sering bertemu dalam bidang seperti biofisika, yang mempelajari sifat fisik sistem biologis, atau fisikokimia, yang mempelajari aspek fisik reaksi kimia.

Kesimpulannya, bahwa perbedaan utama antara fisika dan kimia terletak pada cara mereka melihat dan mempelajari sifat materi. Fisika melihat sifat kolektif dalam bentuk sistem yang lebih besar, sedangkan kimia berkonsentrasi pada hubungan antara sifat individu dan bagaimana mereka berinteraksi satu sama lain dalam reaksi atau campuran.

Berbeda dengan ilmu fisika yang berlandaskan matematis, dimana perkembangannya didasarkan secara deduktif, ilmu kimia

dikembangkan secara induktif berdasarkan pengamatan dan eksperimen (Rahayu dalam Dikti, 2001). Pengembangan ilmu kimia dimulai dengan pengumpulan data, yang kemudian diproses untuk menghasilkan penjelasan tertentu dari kumpulan data tersebut. Dengan menggunakan model yang digambarkan di atas, kita dapat membuat teori yang dapat digunakan untuk meramalkan sifat-sifat tambahan dari sistem yang mungkin belum kita lihat. Model ini juga membuat sesuatu yang abstrak menjadi lebih nyata dan membuat prediksi untuk sistem yang dijelaskan. Selanjutnya, pengamatan atau eksperimen tambahan akan dilakukan untuk memverifikasi teori tersebut.

Berikut ini adalah beberapa alasan yang mendukung pernyataan di atas untuk mendukung pendekatan induktif dalam pengembangan ilmu kimia:

1. Kimia berkaitan dengan materi yang memiliki sifat-sifat yang kompleks dan beragam, yang sulit untuk diprediksi hanya dengan pemikiran matematis, ilmuwan kimia seringkali berkonsentrasi pada pengamatan langsung dan eksperimen untuk mengumpulkan data tentang perilaku materi dan reaksi kimia.
2. Selanjutnya, data yang dikumpulkan dari pengamatan dan eksperimen dianalisis untuk menemukan tren atau pola. Teori dan model dapat dikembangkan berdasarkan data empiris ini untuk menjelaskan perilaku materi dan reaksi kimia. Tujuan model ini adalah untuk memberikan penjelasan yang lebih mendalam tentang fenomena kimia yang ada atau meramalkan sifat-sifat lain dari sistem yang belum diamati.
3. Kemudian, eksperimen yang berulang dilakukan untuk menguji teori-teori ilmu kimia. Eksperimen atau pengamatan lebih lanjut dilakukan untuk memastikan teori itu benar. Jika hasil eksperimen sesuai dengan teori, teori itu dianggap valid; jika tidak, teori mungkin perlu diubah atau disesuaikan.

4. Dalam kimia, model abstrak seperti struktur atom atau ikatan kimia sering digunakan untuk membuat konsep lebih mudah dipahami atau diamati dalam eksperimen kimia. Ini membantu menjelaskan fenomena kimia yang kompleks dengan cara yang lebih konkret dan terukur.

Oleh karena itu, pendekatan induktif dalam pengembangan ilmu kimia memberikan landasan yang kuat untuk pemahaman tentang sifat-sifat materi dan reaksi kimia. Pendekatan ini didasarkan pada pengamatan, eksperimen, pengembangan model, dan pengujian teori melalui eksperimen berulang.

Ilmu Kimia dan Pembelajaran Kimia

Kimia memiliki konsep-konsep tertentu yang abstrak dan mungkin saja tidak diketahui oleh peserta didik. Dalam pembelajaran kimia, tidak semua peristiwa kimia dapat dijelaskan dan diamati secara langsung dalam kehidupan sehari-hari. Johnstone (2000) menyatakan bahwa “*chemical triangle*”, makroskopik, submikroskopik, dan representasional (simbolik), dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena dalam ilmu kimia. Level representasional (simbolik) terdiri dari gambar simbol-simbol, formula (rumus), persamaan reaksi, perhitungan, tabel, dan grafik dari representasi makroskopik dan submikroskopik. Representasi makroskopik menggambarkan zat-zat dan reaksi yang dapat diamati, diraba, dan dibaui. Representasi submikroskopik mempertimbangkan hal-hal yang berkaitan dengan atom-atom, ion-ion, molekul-molekul, dan struktur kimia yang dapat menjelaskan level makroskopik. Level representasional (simbolik) merupakan gambar simbol-simbol, formula (rumus-rumus), persamaan reaksi, perhitungan, tabel, dan grafik dari representasi makroskopik dan submikroskopik. Oleh karenanya, peserta didik perlu mengaitkan fenomena makroskopik dengan penjelasan submikroskopik dan simbolik dalam mempelajari materi kimia. Penjelasan submikroskopik sangat mendukung penjelasan simbolik

yang dapat berupa turunan formula (rumus) suatu fenomena atau gejala yang teramati, bertujuan agar peserta didik memiliki pemahaman yang utuh tentang kimia.

Semua konsep yang dibahas di atas ini dapat dimasukkan ke dalam kategori berikut:

NO	KONSEP	PENJELASAN	CONTOH
1.	Makroskopik	Ini mengacu pada representasi zat-zat dan reaksi kimia yang dapat dilihat, dirasakan, dan dinikmati dalam kehidupan sehari-hari.	Perubahan warna, perubahan fasa, pembentukan gas, atau perubahan massa yang terjadi dalam suatu reaksi kimia.
2.	Submikroskopik	Ini terkait dengan struktur atom, ion, molekul, dan elemen submikroskopik lainnya yang membentuk perilaku makroskopik materi.	Penjelasan tentang bagaimana atom dan molekul berinteraksi dalam reaksi kimia, atau bagaimana sifat-sifat materi dipengaruhi oleh ikatan kimia.
3.	Level Representasional (simbolik)	Ini mencakup penggunaan simbol, formula, persamaan reaksi, perhitungan, tabel, dan grafik untuk menggambarkan fenomena kimia dalam bentuk yang lebih abstrak.	Membuat persamaan reaksi kimia, membaca grafik spektrum, atau menghitung jumlah molar larutan.

Peserta didik harus dapat membuat keterhubungan di antara multiple representasi agar memperoleh manfaat darinya (Rau, 2015). Pendapat ini menjelaskan bahwa penggunaan berbagai representasi atau cara untuk menyampaikan konsep atau informasi yang sama dalam pembelajaran disebut “multiple representations”. Ini dapat berupa tabel, grafik, diagram, gambar, rumus matematika, atau bahkan kalimat deskriptif. Seperti yang ditunjukkan oleh Rau (2015), hasil penelitian menunjukkan bahwa menggunakan berbagai representasi dalam pembelajaran dapat membantu peserta didik. Salah satu manfaat utama penggunaan berbagai representasi adalah

memungkinkan peserta didik untuk membuat hubungan antara berbagai aspek dari konsep yang mereka pelajari. Ketika mereka menghadapi informasi atau konsep dalam berbagai representasi, peserta didik memiliki kesempatan untuk melihat hubungan antara gambaran makroskopik (seperti gambar atau deskripsi verbal), submikroskopik (seperti struktur atom atau molekul), dan simbolik (seperti rumus atau persamaan matematika). Dengan membuat keterhubungan di antara berbagai representasi, peserta didik dapat memperdalam pemahaman mereka tentang ide-ide yang dipelajari dan melihat bagaimana berbagai representasi informasi saling mendukung dan saling melengkapi, sehingga memperkuat pemahaman mereka secara keseluruhan. Ini juga membantu peserta didik menginternalisasikan ide-ide secara lebih mendalam, sehingga mereka dapat menggunakannya dalam berbagai konteks. Selain itu, peserta didik dapat meningkatkan kemampuan transfer pengetahuan yang kuat dengan membuat hubungan di antara berbagai representasi. Dengan belajar mengenali pola dan hubungan antara ide-ide dalam berbagai representasi, mereka dapat membawa pengetahuan dan keterampilan yang telah mereka pelajari ke lingkungan atau konteks yang berbeda.

Pendapat tersebut menunjukkan betapa pentingnya bagi peserta didik untuk membuat hubungan antara berbagai representasi dalam pembelajaran. Dalam hal ini, representasi berarti berbagai cara untuk menyajikan atau menampilkan informasi, seperti teks, gambar, diagram, grafik, dan tabel, antara lain.

1. Peserta didik harus dapat mengaitkan berbagai jenis representasi dengan ide atau materi pelajaran. Misalnya, dalam kimia, mereka harus dapat menghubungkan representasi makroskopik (pengamatan langsung), submikroskopik (partikel) dan simbolik (rumus, persamaan reaksi).
2. Kemampuan untuk menghubungkan berbagai representasi membantu peserta didik memahami konsep dengan lebih

baik. Masing-masing representasi memberikan perspektif baru dan informasi tambahan yang dapat membantu peserta didik memperdalam pemahaman mereka tentang suatu subjek. Dengan berbagai representasi, peserta didik dapat memperoleh pemahaman yang lebih kuat dan menyeluruh tentang ide-ide yang dipelajari.

3. Proses menghubungkan berbagai representasi dapat mendorong peserta didik untuk berpikir secara reflektif dan kritis. Mereka juga dapat melihat hubungan antara konsep yang dijelaskan dalam berbagai bentuk representasi, meningkatkan pemahaman mereka. Mereka harus mempertimbangkan bagaimana setiap representasi berhubungan satu sama lain dan bagaimana informasi yang disajikan dalam berbagai bentuk dapat saling melengkapi.

Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa peserta didik harus dapat mengaitkan pemahaman mereka tentang representasi simbolik dengan representasi makroskopik (teramati) dan submikroskopik (Bain et al., 2014; Hernandez et al., 2014). Posner et al. (1982) dan Palmer (1999) menyatakan bahwa peserta didik memiliki pemahaman awal tentang fenomena atau peristiwa yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari sebelum mereka mulai belajar di sekolah. Ini dapat mengganggu pemrosesan ilmu pengetahuan yang mereka peroleh ketika mereka belajar tentang konsep, prinsip ilmiah yang benar, dan menginterpretasikan informasi baru berdasarkan perspektif dari konsepsi dan keyakinan yang sudah mereka miliki. Oleh karena itu, pendidik harus mempelajari lebih lanjut tentang kesulitan belajar peserta didik mereka baik selama pembelajaran maupun setelah pembelajaran dalam mengkonseptualisasi pengetahuan ilmiah. Mereka juga harus menentukan apakah ada pembelajaran remedial yang diperlukan untuk mengatasi masalah tersebut (Ozmen, 2008). Konsep alternatif adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan konsep, pendapat, atau pengetahuan yang dipikirkan

oleh peserta didik (Gonzalez, 1997). Berkaitan dengan hakekat konsep kimia yang sebagian besar abstrak dan tingkat kesulitan bahasa kimia, banyak penelitian yang menyelidiki pemahaman peserta didik tentang fenomena kimia. Sebagian besar peserta didik mengalami kesulitan dalam belajar kimia. Banyak dari mereka tidak berhasil (Nakhleh, 1992). Banyak penelitian tentang pembelajaran sains menemukan bahwa peserta didik memiliki berbagai sudut pandang yang berbeda dari sudut pandang ilmiah yang lazim atau umum. Lebih dari seribu referensi membahas gagasan peserta didik tentang pembelajaran sains (misalnya, Pfundt & Duit, 1997).

Hasil penelitian yang disebutkan di atas dilakukan perbandingan antara representasi makroskopik, simbolik, dan submikroskopik:

1. Bain et al. (2014) dan Hernandez et al. (2014) menekankan betapa pentingnya bagi peserta didik untuk mengaitkan pemahaman mereka tentang representasi simbolik (seperti rumus kimia), representasi makroskopik (seperti yang diamati), dan representasi submikroskopik (seperti struktur atom atau molekul) dalam memahami konsep kimia. Ini menekankan bahwa memahami konsep kimia dengan baik membutuhkan pemahaman yang menyeluruh dan terintegrasi dari berbagai tingkat representasi ini.
2. Posner et al. (1982) dan Palmer (1999) menekankan bahwa peserta didik memiliki pemahaman awal tentang fenomena kimia dari pengalaman sehari-hari mereka sebelum mereka mulai belajar di sekolah. Sangat penting bagi pendidik untuk memahami pemahaman awal peserta didik tentang konsep ilmiah yang diajarkan di sekolah dan membantu mereka memproses pengetahuan yang mereka peroleh.
3. Ozmen (2008) menekankan bahwa pendidik harus mempelajari masalah yang dihadapi peserta didik mereka dalam memahami konsep kimia dan melakukan pembelajaran pengganti jika diperlukan. Ini menekankan bahwa pemahaman yang mendalam

tentang konsep kimia memerlukan penghapusan atau perbaikan gagasan atau konsepsi alternatif yang mungkin dimiliki peserta didik.

4. Gonzales (1997) menggunakan istilah “konsepsi alternatif” untuk menggambarkan konsep, pendapat, atau pengetahuan yang dibangun oleh peserta didik dalam pikiran mereka sendiri. Ini menunjukkan bahwa peserta didik mungkin memiliki pemahaman yang berbeda atau konsep alternatif tentang konsep kimia, yang dapat berdampak pada cara mereka memahami dan mempelajarinya.
5. Nakhleh (1992) menyoroti fakta bahwa banyak peserta didik mengalami kesulitan besar dalam belajar kimia dan bahwa banyak dari mereka tidak berhasil. Ini menekankan bahwa pemahaman yang mendalam tentang konsep kimia membutuhkan metode pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan kesulitan peserta didik.
6. Pfundt & Duit (1997) meneliti pemahaman peserta didik tentang pembelajaran sains, termasuk kimia, karena konsep kimia sangat abstrak dan bahasanya sulit. Ini menunjukkan bahwa peserta didik harus memahami konsep kimia dengan baik dan menghilangkan konsepsi alternatif yang salah atau tidak lengkap.

Selanjutnya, kesimpulan dari hasil penelitian para ahli di atas adalah sebagai berikut:

1. Sangat penting bagi peserta didik untuk memahami konsep kimia secara menyeluruh dan terintegrasi dari berbagai tingkat representasi (simbolik, makroskopik, dan submikroskopik). Bain *et al.* (2014) dan Hernandez *et al.* (2014) menekankan hal ini.
2. Pemahaman awal peserta didik tentang fenomena kimia dari kehidupan sehari-hari sangat penting bagi pendidik, sesuai dengan penekanan Posner *et al.* (1982) dan Palmer (1999).

3. Seperti yang ditekankan oleh Ozmen (2008), identifikasi dan pemecahan masalah dalam pemahaman peserta didik tentang konsep kimia oleh pendidik adalah langkah penting untuk memastikan bahwa peserta didik memahami materi dengan benar dan menyeluruh.
4. Seperti yang dijelaskan oleh Gonzales (1997), konsepsi alternatif yang dibangun oleh peserta didik mempengaruhi cara mereka memahami dan mempelajari kimia. Oleh karena itu, penghapusan atau peningkatan konsepsi alternatif sangat penting dalam pembelajaran kimia.
5. Banyak peserta didik mengalami kesulitan belajar kimia, menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan kesulitan peserta didik sangat penting, menurut Nakhleh (1992).
6. Sebagaimana dinyatakan oleh Pfundt & Duit (1997), penelitian tentang pemahaman peserta didik tentang pembelajaran kimia menunjukkan bahwa konsep kimia sangat kompleks dan bahasanya sulit dipahami oleh peserta didik. Oleh karena itu, memahami konsep kimia dengan baik dan menghilangkan konsep alternatif yang tidak relevan sangat penting untuk pembelajaran kimia yang efektif.



BAB II

MODEL MENTAL DALAM PEMBELAJARAN KIMIA

Apa Itu Model Mental

Pada bab ini, kita akan membahas “apa itu model mental” dan bagaimana kaitannya dengan pembelajaran kimia. Kajian literatur menunjukkan bahwa definisi model mental berbeda. Menurut Greca & Moreira (2001), model mental adalah representasi internal yang dibuat oleh seseorang yang menggunakan analogi struktur dari situasi atau proses untuk memahami dan memberikan penjelasan atau prediksi perilaku di dunia fisik. Namun, pakar model mental belum mencapai definisi yang luas tentang model mental, secara umum bahwa model mental meliputi komponen visual-piktorial dan komponen proposisional (Wang & Barrow, 2011). Sementara itu, model mental juga dapat didefinisikan sebagai representasi internal kognitif dari dunia nyata atau situasi imajiner, peristiwa, atau proses, yang strukturnya merefleksikan struktur yang dapat dirasakan (*perceived structure*) dari situasi, peristiwa, atau proses tersebut (Tumay, 2014).

Hasil kajian literatur di atas yang berkaitan dengan model mental dapat dirangkum sebagai berikut: a) Para ahli belum mencapai kesepakatan tentang definisi model mental universal. Menurut Greca dan Moreira (2001), itu adalah representasi internal yang dibuat oleh orang untuk memahami dan menjelaskan perilaku dunia fisik. Namun, Wang dan Barrow (2011) menekankan bahwa elemen proposisional dan visual termasuk dalam model mental. Namun, Tumay (2014) menekankan bahwa model mental adalah representasi internal kognitif dari dunia nyata atau situasi imajiner yang merefleksikan struktur yang dapat dirasakan dari situasi atau proses tersebut; b) Model mental biasanya terdiri dari komponen proposisional dan visual-piktorial. Komponen proposisional lebih verbal dan berkaitan dengan pemikiran konseptual, sementara komponen visual-piktorial mengacu pada representasi mental yang berbasis gambar atau visual; c) Model mental digunakan untuk memahami, menjelaskan, atau meramalkan perilaku di dunia fisik. Mereka juga dapat mewakili situasi, peristiwa, atau proses di dalam pikiran seseorang; d) Struktur yang dapat dirasakan dari situasi atau proses yang direpresentasikan digambarkan dalam struktur model mental. Struktur ini mencakup gambaran mental dari hubungan antara komponen yang terlibat dalam situasi atau proses tersebut.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas maka model mental dapat didefinisikan sebagai representasi internal kognitif yang dikonstruksi oleh seseorang. Model mental meliputi komponen visual-piktorial dan komponen proposisional. Tujuannya untuk memahami atau untuk memberikan penjelasan yang rasional dari suatu fenomena dunia nyata atau situasi imajiner, peristiwa, atau proses yang strukturnya merefleksikan struktur yang dapat dirasakan (*perceived structure*) dari situasi, peristiwa atau proses tersebut (Wang & Barrow, 2011; Tumay, 2014).

Dalam berbagai situasi, model mental sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Berikut adalah beberapa contoh bagaimana konsep model mental dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari:

1. Pemecahan Masalah

Ketika seseorang menghadapi masalah dalam kehidupan sehari-hari, mereka sering kali menggunakan model mental mereka untuk memahami situasi tersebut. Model mental ini mencakup gambaran proposisional dan visual tentang komponen-komponen yang terlibat dalam masalah, serta hubungan antara komponen-komponen tersebut. Model ini membantu mereka dalam mengembangkan strategi untuk memecahkan masalah dengan cara yang paling efektif.

2. Pengambilan Keputusan

Dalam proses pengambilan keputusan, model mental juga digunakan. Ketika seseorang dihadapkan pada pilihan yang sulit, mereka menggunakan model mental mereka untuk memahami konsekuensi dari setiap pilihan yang tersedia. Mereka mempertimbangkan berbagai faktor dan hasil yang mungkin dari setiap pilihan tersebut, serta bagaimana pilihan tersebut akan mempengaruhi situasi secara keseluruhan.

3. Interaksi sosial

Model mental digunakan dalam interaksi sosial untuk memahami dan meramalkan perilaku orang lain. Seseorang berusaha untuk membuat representasi mental tentang pikiran, perasaan, dan motivasi orang lain berdasarkan informasi yang mereka peroleh dari interaksi dan apa yang mereka lihat. Ini membantu mereka berkomunikasi dan berinteraksi dengan orang lain secara lebih efektif.

4. Pembelajaran dan pengajaran

Dalam dunia pendidikan, model mental sangat penting. Model mental membantu peserta didik memahami ide-ide atau konsep-konsep yang diajarkan di kelas dan membuat hubungan antara ide-ide atau konsep-konsep tersebut dengan pengalaman mereka sendiri. Guru juga dapat menggunakan model mental untuk merancang pengalaman belajar yang efektif dan mengetahui cara

terbaik untuk menyampaikan informasi kepada peserta didik mereka.

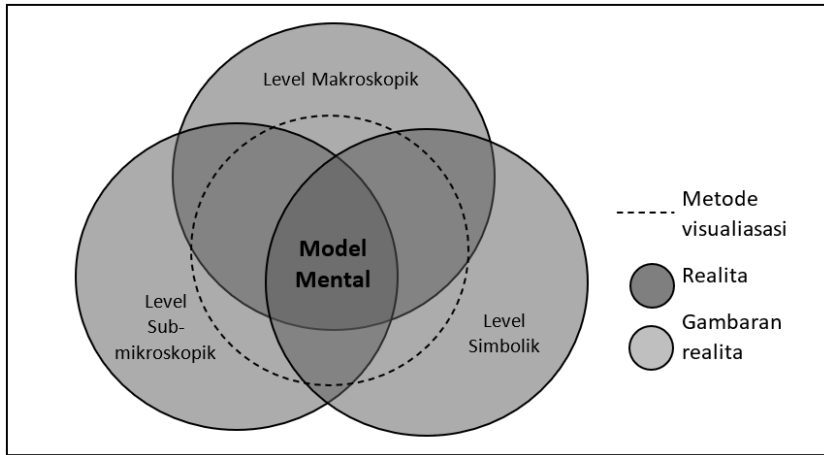
Semua manfaat model mental adalah menghasilkan bentuk konsep yang lebih sederhana, mendorong dan mendukung visualisasi, dan menjelaskan fenomena ilmiah (Coll, 2009). Kemampuan untuk membuat dan menggunakan model mental dapat memengaruhi bagaimana peserta didik memahami konsep kimia (Wang & Barrow, 2011). Persepsi, imajinasi, atau pemahaman wacana adalah tiga sumber model mental, menurut Van der Veer dan Del Carmen Puerta Melguizo (2003).

Dari pendapat-pendapat tersebut di atas ini, maka dapat dirangkum menjadi suatu pendapat, yaitu: model mental adalah representasi internal kognitif seseorang yang terdiri dari elemen proposisional dan visual. Tujuannya adalah untuk memahami dan menjelaskan fenomena dunia nyata atau situasi imajiner yang strukturnya mencerminkan struktur yang dapat dirasakan. Konsep yang lebih sederhana dibuat dengan model mental, stimulus visual dan dukungan, dan penjelasan untuk fenomena ilmiah. Model mental terdiri dari persepsi, imajinasi, atau pemahaman wacana; kemampuan untuk mengonstruksi dan menggunakan model mental dapat memengaruhi pemahaman peserta didik tentang konsep kimia. Oleh karena itu, model mental sangat penting untuk membantu peserta didik mengembangkan keterampilan kognitif dan memahami konsep-konsep kompleks.

Hubungan Model Mental dan Pembelajaran Kimia

Jansoon *et al.* (2009) menyatakan bahwa peserta didik harus memahami pengetahuan ilmiah dalam pelajaran kimia dengan memahami tiga level representasi. Mereka juga harus mempelajari cara menghubungkan tiga level representasi. Mereka juga harus menunjukkan fenomena abstrak yang sulit divisualisasikan atau

diinterpretasikan pada level submikroskopik dan simbolik. Peserta didik harus didorong untuk menggunakan model mentalnya untuk menghubungkan seluruh tiga level tersebut untuk memasukkan pengetahuan tersebut ke dalam memori jangka panjang, seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Ketergantungan Tiga Level Representasi dan Hubungannya dengan Model Mental (Devetak dalam Jansoon et al., 2009)

Sebagai level dasar, peserta didik menggunakan level makroskopik dan submikroskopik untuk menjelaskan. Ketergantungan ketiga level tersebut untuk menjelaskan hubungan antara konsep kongkret dan abstrak ditunjukkan dalam gambar di atas. Untuk mendapatkan pengetahuan yang dapat disimpan dalam memori jangka panjang, peserta didik harus menggunakan model mental untuk mengintegrasikan ketiga level tersebut.

Gilbert & Boulter (1998) membagi model dalam pendidikan sains menjadi empat kategori: model mental, model ekspresi, model konsesus, dan model pengajaran. Model mental adalah representasi kognitif seseorang dari target. Model mental dapat dibentuk secara individual atau dengan kelompok. Model ekspresi terjadi ketika model mental dikomunikasikan oleh seseorang atau kelompok melalui berbagai cara representasi, seperti tindakan, pidato, atau

tulisan. Ilmuwan telah menguji model ekspresi yang dikenal sebagai model konsesus, dan sebagian besar orang telah menyetujuinya. Secara khusus, model pengajaran adalah model konstruksi yang digunakan oleh pendidik untuk membantu peserta didik memahami model konsesus.

Stachowiak (dalam Barke *et al.*, 2012) membahas tiga karakteristik model: *feature of depiction*, *feature of shortening*, dan *feature of subjectivity*. *Feature of depiction* menunjukkan bahwa model menunjukkan sesuatu, mewakili yang aslinya. *Feature of shortening* menunjukkan bahwa model tidak mencakup semua karakteristik dari yang aslinya. Sementara itu, *feature of subjectivity* menunjukkan bahwa model melakukan fungsi representasinya dan hanya menggantikan apa yang ada. Model mental sangat penting untuk pemahaman terhadap sains, secara khusus kimia (Barke *et al.*, 2012). Untuk mendapatkan manfaat dari berbagai representasi, peserta didik harus memiliki kemampuan untuk membuat hubungan di antaranya (Rau, 2015). Untuk membantu peserta didik memahami konsep kimia dasar, penelitian lain menemukan bahwa peserta didik harus dapat mengaitkan pemahaman mereka tentang level simbolik dengan level makroskopik (teramati) dan submikroskopik (Bain *et al.*, 2014; Hernandez *et al.*, 2014). Secara umum, representasi proposisional dan model mental berbasis visual harus dimasukkan ke dalam memori kerja (*working memory*) untuk penalaran dengan model mental (Mayer, 2001; Schnotz & Bannert, 2003; Schnotz & Kuerschner, 2008; Seel *et al.*, 2008; Ramdas, 2009).

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa subjek penelitian memiliki kemampuan unik untuk membuat dan menggunakan model mental. Model mental yang lebih lengkap dibuat oleh peserta didik yang lebih berbakat (cerdas). Hal ini menunjukkan pemahaman yang lebih rinci tentang suatu materi kimia, model yang koheren, visualisasi internal yang baik, dan kemampuan untuk menggambar. Peserta didik yang kurang berbakat memiliki model mental yang lebih sederhana, dan mereka mampu mengintegrasikan informasi baru

ke dalam kerangka berpikir yang sudah mereka miliki sebelumnya. Mereka tidak konsisten, tidak mampu menggambar, dan terlalu fokus pada model simbolik. Mereka kesulitan mengintegrasikan informasi baru ke dalam kerangka pengetahuan yang sudah ada (Coll, 2009; Jansoon *et al.*, 2009; Park & Light, 2009; Wang & Barrow, 2011; Lin & Chiu, 2010; Chang *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2013; Wang & Barrow, 2013; Stains & Sevian, 2014).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan seseorang untuk membuat dan menggunakan model mental sangat beragam dan dipengaruhi oleh tingkat kemampuan kognitif mereka. Berikut adalah beberapa poin analisis yang dapat diambil dari hasil penelitian di atas: (1) Peserta didik dengan kemampuan rendah cenderung memiliki model mental yang lebih sederhana dan kurang koheren, dan mereka lebih mampu mengintegrasikan pengetahuan baru ke dalam kerangka berpikir yang sudah ada. Peserta didik dengan kemampuan lebih tinggi, di sisi lain, cenderung mengembangkan model mental yang lebih lengkap dan rinci; (2) Peserta didik dengan kemampuan lebih tinggi cenderung memiliki visualisasi internal yang baik, yang memungkinkan mereka untuk menciptakan model mental yang lebih lengkap dan konsisten; (3) Sangat sulit bagi peserta didik dengan kemampuan rendah untuk merekonsiliasi informasi baru dengan pengetahuan mereka yang sudah ada. Ini mungkin karena peserta didik tidak memiliki kerangka berpikir yang tidak kuat atau peserta didik tidak memahami konsep kimia yang dasar; (4) Hasil ini menunjukkan bahwa pengembangan kemampuan kognitif peserta didik sangat penting untuk memahami konsep kimia. Untuk membantu peserta didik mengembangkan model mental yang lebih lengkap dan koheren, pendidik harus memberikan dukungan yang tepat; (5) Pendidik harus menyadari bahwa setiap peserta didik memiliki kapasitas yang berbeda dan menggunakan pendekatan pembelajaran yang sesuai untuk mendukung pembentukan model mental yang efektif. Strategi-strategi ini dapat termasuk pembelajaran berbasis tugas, diskusi yang dipimpin oleh peserta didik, dan berbagai

representasi, yang memungkinkan peserta didik menggunakan pengetahuan mereka dalam konteks yang relevan.

Penggunaan representasi eksternal (ER), simulasi, dan multiple representasi terkait dengan pembentukan model mental peserta didik dan potensi meningkatkan pemahaman mereka (Schonborn & Anderson, 2009; Corradi *et al.*, 2012, Al-Balushi, 2012; Naah & Sanger, 2013; Akaygun & Jones, 2013a; Akaygun & Jones, 2013b; Dangur *et al.*, 2014; Rau, 2015; Becker *et al.*, 2015). Hal ini sejalan dengan Schonborn & Anderson (2009) bahwa ER sangat penting untuk meningkatkan belajar, pemahaman, dan kemampuan visualisasi peserta didik.

Berikut ini adalah beberapa contoh penelitian tentang penggunaan representasi eksternal (ER), simulasi, dan berbagai representasi dalam membangun model mental siswa dan meningkatkan pemahaman mereka:

1. Schonborn dan Anderson (2009) menegaskan bahwa representasi eksternal (ER) sangat penting untuk meningkatkan pembelajaran, pemahaman, dan kemampuan visualisasi peserta didik.
2. Corradi *et al.* (2012) mengatakan bahwa penelitian ini mungkin melihat manfaat simulasi dalam membangun model mental dan meningkatkan pemahaman peserta didik.
3. Penelitian mungkin melihat dampak penggunaan berbagai representasi terhadap pembentukan model mental dan pemahaman peserta didik (Al-Balushi, 2012 dan Al-Balushi, 2013).
4. Naah dan Sanger (2013) mengatakan bahwa penelitian ini dapat menyelidiki bagaimana representasi tambahan, simulasi, dan representasi luar berdampak pada pemahaman peserta didik dalam situasi tertentu.
5. Menurut Akaygun & Jones (2013a) dan Akaygun & Jones (2013b), penelitian ini mungkin melihat bagaimana penggunaan representasi eksternal dan representasi ganda digunakan dalam

pembelajaran kimia dan bagaimana hal itu mempengaruhi pemahaman peserta didik.

6. Dangur *et al.* (2014) menunjukkan bahwa penelitian ini mungkin berkonsentrasi pada seberapa efektif simulasi dan representasi eksternal dalam meningkatkan pemahaman peserta didik tentang subjek tertentu.
7. Rau (2015): Studi ini mungkin menyelidiki peran berbagai representasi dalam pembentukan model mental dan meningkatkan pemahaman peserta didik tentang kimia.
8. Becker *et al.* (2015) mengatakan bahwa penelitian ini mungkin melihat bagaimana representasi eksternal dan simulasi digunakan untuk membuat model mental peserta didik dan bagaimana hal itu berdampak pada pemahaman mereka tentang konsep kimia.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan berbagai jenis representasi—termasuk representasi eksternal, simulasi, dan representasi berulang—sangat penting untuk meningkatkan model mental peserta didik dan meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep kimia.

Di sisi lain, faktor internal, seperti tingkat kecerdasan, penalaran formal, minat, motivasi intrinsik, dan buku teks yang digunakan peserta didik, serta kurikulum dalam menyajikan materi kimia, memengaruhi pemahaman dan pembentukan model mental peserta didik (Adbo & Taber, 2009; Adadan, *et al.*, 2009; Cokelez, 2009; Lin & Chiu, 2010; Smith & Nakhleh, 2011; Cheng & Gilbert, 2014). Faktor internal yaitu tingkat kecerdasan, penalaran formal, minat, motivasi intrinsik, dan emosional peserta didik juga sangat berpengaruh pada pemahaman dan pembentukan model mental peserta didik (Devetak & Glazar, 2010; Liu *et al.*, 2013).

Ini menunjukkan bahwa faktor eksternal dan internal mempengaruhi pemahaman dan pembentukan model mental siswa dalam pembelajaran kimia. Faktor-faktor ini termasuk:

1. Faktor Eksternal

- Model Pengajaran pendidik: Model pengajaran yang digunakan pendidik ketika mereka mengajar peserta didik tentang kimia sangat memengaruhi kemampuan mereka untuk memahami materi. Seperti yang ditunjukkan oleh Adbo & Taber (2009), Adadan *et al.* (2009), Cokelcz (2009), Lin & Chiu (2010), Smith & Nakhleh (2011), dan Cheng & Gilbert (2014), penerapan model pengajaran yang efektif dapat membantu dalam pembentukan model mental peserta didik.
- Buku Teks dan Kurikulum: Buku teks dan kurikulum yang digunakan juga sangat penting untuk mengajar materi kimia. Kurikulum dan buku teks yang baik dapat membantu peserta didik membangun model mental yang lebih baik.

2. Faktor Internal

- Tingkat Kecerdasan: Kemampuan peserta didik untuk memahami dan membentuk model mental dari konsep kimia dapat dipengaruhi oleh tingkat kecerdasan mereka.
- Penalaran Formal: Kemampuan peserta didik untuk melakukan penalaran formal membantu pembentukan model mental dan pemahaman materi kimia mereka.
- Minat dan Motivasi: Minat dan motivasi intrinsik peserta didik untuk kimia juga berperan penting dalam pembentukan model mental mereka. Peserta didik yang memiliki minat yang tinggi cenderung berpartisipasi dalam pembelajaran secara aktif dan memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk mengembangkan model mental yang lebih mendalam.
- Aspek Emosional: Kepercayaan diri dan rasa percaya diri peserta didik dapat dipengaruhi oleh kemampuan mereka untuk memahami konsep kimia dan pembentukan model mental.



BAB III

MODEL MENTAL PADA MATERI LARUTAN PENYANGGA

Hasil beberapa kajian literatur menjelaskan bahwa ilmuwan atau ahli kognitif (*cognitive scientists*) menyatakan model mental menggambarkan konsepsi seseorang tentang dunia (Fazio *et al.*, 2013). Seperti yang disebutkan oleh Fazio *et al.* (2013), hasil beberapa kajian literatur menunjukkan bahwa ilmuwan atau ahli kognitif mengatakan bahwa model mental adalah representasi pikiran seseorang tentang dunia. Konsep ini menjelaskan bagaimana orang mengorganisir dan memahami data lingkungan mereka. Konsep-konsep esensial dan model mental sangat penting untuk membangun pemahaman peserta didik tentang materi kimia. Berikut ini adalah uraian tentang konsep dan model mental esensial dalam materi kimia:

1. Salah satu konsep penting dalam kimia adalah konsep struktur atom. Model mental yang dipelajari peserta didik tentang struktur atom mencakup pemahaman mereka tentang bagaimana atom tersusun atas partikel subatom yaitu proton, neutron, dan elektron. Model-model seperti model Bohr atau model mekanika kuantum sering digunakan untuk menjelaskan struktur atom.

2. Memahami bagaimana atom berinteraksi untuk membentuk molekul dan senyawa kimia bergantung pada pemahaman ikatan kimia. Model mental yang dimiliki peserta didik tentang ikatan kimia mencakup jenis ikatan seperti kovalen, ionik, dan logamik, serta bagaimana jenis ikatan ini mempengaruhi sifat kimia materi.
3. Pemahaman tentang proses reaksi kimia, yang mencakup pembentukan dan pemutusan ikatan antar atom dalam molekul, adalah penting untuk pemahaman konsep reaksi kimia.
4. Dalam kimia, tabel periodik adalah alat penting untuk mengatur unsur berdasarkan sifatnya. Model mental peserta didik tentang tabel periodik mencakup pemahaman mereka tentang pola periodik, seperti peningkatan jumlah proton dan struktur elektron yang terkait dengan penempatan unsur dalam tabel.
5. Keseimbangan Kimia: Pemahaman tentang bagaimana reaksi kimia mencapai titik keseimbangan di mana laju reaksi ke depan sama dengan laju reaksi ke belakang disebut keseimbangan kimia. Model mental peserta didik tentang keseimbangan kimia mencakup pemahaman mereka tentang hal-hal seperti konsentrasi, suhu, dan tekanan.

Analisis konsep esensial dan model mental yang terkait dengan materi kimia membantu memahami bagaimana peserta didik membangun pemahaman mereka tentang bahan kimia. Selain itu, pendidik dapat merancang pengajaran yang efektif untuk mendukung pembentukan model mental yang tepat dan mendalam. Dalam proses pembelajaran sains, guru dan peserta didik menggunakan model mental dengan cara yang berbeda. Duit (1991) dalam Jansoon *et al.* (2009) menyatakan bahwa dalam pengajaran sains guru membangun model mental melalui proses analisis dan sintesis terhadap model ilmuwan yang disesuaikan dengan kebutuhan belajar peserta didiknya. Selanjutnya guru mengkomunikasikan model sains (misalnya menjelaskan proses ionisasi di dalam larutan)

kepada peserta didik dengan menggunakan tipe tertentu dari model (misalnya analogi) untuk menjelaskan model tersebut kepada siswa. Saat mempelajari sains, peserta didik memperoleh pengetahuan sains sebagai hasil pengalaman belajar yang dilakukannya. Peserta didik membangun model mentalnya melalui proses asimilasi dan akomodasi, yaitu mengolah informasi baru dan menghubungkannya dengan pengetahuan yang sudah dimiliki sebelumnya.

Beberapa keuntungan menggunakan model mental dalam pembelajaran sains adalah karena mereka dapat mempermudah pemahaman konsep ilmiah. Berikut ini adalah beberapa keuntungan dari penggunaan model mental dalam pembelajaran sains berdasarkan pendapat di atas:

1. Model mental memungkinkan pendidik untuk menyampaikan konsep ilmiah dengan lebih efektif kepada peserta didik mereka. Dengan membuat model mental yang sesuai dengan pemahaman ilmuwan dan menyampaikannya kepada peserta didik melalui berbagai jenis model, pendidik dapat membantu peserta didik mereka memahami konsep ilmiah dengan lebih baik.
2. Pendidik dapat mengubah pembentuk model mental untuk memenuhi kebutuhan belajar peserta didik mereka. Dengan mengetahui gaya belajar peserta didik dan tingkat pemahaman mereka, pendidik dapat memilih model yang paling sesuai untuk menjelaskan konsep sains kepada peserta didik mereka secara efektif.
3. Model mental dapat membantu pendidik dan peserta didik belajar lebih baik. Pendidik dapat membuat konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami oleh peserta didik dengan menggunakan analogi, simulasi, atau representasi visual lainnya.
4. Proses asimilasi dan akomodasi membantu peserta didik membangun model mental mereka sendiri. Dengan berpartisipasi dalam aktivitas aktif ini, peserta didik dapat mengolah informasi

baru dan menghubungkannya dengan pengetahuan sebelumnya, meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep sains.

5. Dengan membuat dan menggunakan model mental, peserta didik diajari untuk berpikir kritis tentang ide-ide sains. Mereka ditantang untuk mempertimbangkan bukti, memahami hubungan sebab-akibat, dan mengevaluasi argumen ilmiah, semua keterampilan penting dalam ilmu pengetahuan.

Oleh karena itu, menggunakan model mental dalam pembelajaran sains membantu peserta didik memahami konsep dengan lebih mudah, menyesuaikannya dengan kebutuhan mereka, meningkatkan komunikasi yang efektif, membangun pengetahuan sains, dan mendorong pemikiran kritis.

Saat kita mempelajari larutan penyangga, perlu kita ketahui bahwa topik ini terdiri dari pengetahuan konseptual dan prosedural. Pengetahuan konseptual berarti terdiri dari banyak konsep, sedangkan pengetahuan prosedural berarti menguasai konsep tertentu di setiap tahap proses. Buku ini membahas konsep larutan penyangga seperti kesetimbangan, larutan asam basa, konsentrasi larutan, mol, dan pH. Selain itu, topik ini berkaitan dengan sistem larutan penyangga yang ada di tubuh dan di produk rumah tangga.

Dalam pembelajaran kimia, pengetahuan tentang larutan penyangga, memiliki manfaat konseptual dan prosedural yang signifikan. Berikut ini adalah penjelasan tentang rasionalisasi dari elemen konseptual dan prosedural dalam memahami subjek larutan penyangga:

1. Pengetahuan Konseptual

- Kompleksitas Konsep: Memahami larutan penyangga berarti memahami banyak konsep kimia, seperti kesetimbangan kimia, larutan asam-basa, konsentrasi larutan, mol, dan pH. Peserta didik harus memahami interaksi antara asam dan basa serta bagaimana hal itu berdampak pada perubahan pH larutan penyangga.

- Hubungan dengan Kehidupan Sehari-hari: Bidang ini juga sangat terkait dengan kehidupan sehari-hari peserta didik, seperti bagaimana tubuh manusia memiliki penyangga dan penggunaan larutan penyangga dalam barang rumah tangga seperti produk pembersih atau perawatan tubuh. Ini membantu peserta didik mengaitkan konsep kimia dengan hal-hal yang mereka temui di dunia nyata.

2. Pengetahuan Prosedural

- Penguasaan Konsep: Memahami konsep-konsep tertentu diperlukan untuk setiap tahap pemahaman dan penggunaan larutan penyangga. Hal ini termasuk memahami konsep kesetimbangan kimia dan kalkulasi konsentrasi larutan.
- Penerapan dalam konteks praktis: Peserta didik harus dapat menerapkan ide-ide ini dalam situasi nyata. Misalnya, mereka harus tahu bagaimana larutan penyangga menjaga pH tubuh atau bagaimana produk rumah tangga memiliki efek pembersihan.

Dalam topik larutan penyangga, ada konsep makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Secara makroskopik, larutan penyangga dapat dilihat mempertahankan pHnya saat ditambahkan sedikit asam, basa, atau air. Secara submikroskopik, fenomena ini dijelaskan menggunakan konsep yang abstrak dan tidak tampak pada tingkat molekuler, yaitu sistem kesetimbangan antara pasangan asam basa konjugasi dalam larutan dan mekanisme sistem penyangga. Secara simbolik, fenomena tersebut dijelaskan dalam bentuk persamaan kimia dan algoritma.

Dalam pembelajaran kimia, larutan penyangga adalah salah satu topik yang dapat digunakan untuk menjelaskan pengintegrasian konsep makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Berikut adalah analisis karakteristik konsep dalam konteks larutan penyangga:

1. Makroskopik

- Observasi: Peserta didik dapat melihat secara makroskopik bahwa larutan penyangga dapat mempertahankan pH-nya ketika ditambahkan sedikit asam, basa, atau air. Ini dapat dilihat dengan menguji pH menggunakan kertas indikator atau alat pengukur pH.
- Fenomena Makroskopik: Peserta didik memahami bahwa larutan penyangga memiliki sifat penyangga pH yang bermanfaat dalam berbagai aplikasi, seperti dalam sistem biologis atau industri.

2. Submikroskopik

- Konsep Molekuler: Peserta didik diajarkan untuk memahami fenomena melalui konsep-konsep pada tingkat molekuler saat melakukan observasi submikroskopik. Dalam larutan penyangga, mereka mempelajari kesetimbangan antara pasangan asam-basa konjugasi.
- Mekanisme Penyangga: Peserta didik memahami bahwa sistem penyangga berfungsi melalui interaksi molekuler antara asam dan basa dalam larutan. Untuk mempertahankan keseimbangan pH, asam dapat menerima proton dan basa dapat memberikan proton.

3. Simbolik

- Persamaan Kimia dan Algoritma: Larutan penyangga dapat digambarkan dalam persamaan kimia dan algoritma. Algoritma dan persamaan ini menunjukkan mekanisme reaksi kimia yang terjadi dalam larutan penyangga.
- Representasi Simbolik: Peserta didik menggunakan simbol kimia untuk menunjukkan reaksi antara asam dan basa dan perubahan konsentrasi ion dalam larutan penyangga.

Analisis konsep materi larutan penyangga perlu dilakukan untuk menentukan konsep yang akan dikembangkan dalam pembelajaran. Analisis konsep tersebut ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Analisis Konsep Larutan Penyangga

Label Konsep	Definisi Konsep	Jenis Konsep	Atribut		Posisi			Contoh	Non Contoh
			Kritis	Variabel	Super-ordinat	Koor-Dinat	Sub-ordinat		
Larutan penyangga	Larutan penyangga terdiri dari campuran asam lemah dan basa konjugasinya atau campuran basa lemah dan asam konjugasinya	Konsep yang menyatakan sifat	<ul style="list-style-type: none"> Larutan penyangga Mempertahankan pH Ditambahkan sedikit asam Ditambahkan sedikit basa Ditambahkan sedikit air 	Harga pH, mol zat, K_a , K_b , jenis zat	Kesetimbangan asam basa	Hidrolisis garam	Larutan penyangga asam, larutan penyangga basa	Campuran HCOOH dan NaOH dengan jumlah mol yang sama	
Larutan penyangga asam	Larutan penyangga asam disusun oleh asam lemah dengan basa konjugasinya	Konsep yang menyatakan sifat	<ul style="list-style-type: none"> Larutan penyangga asam Asam lemah Basa konjugasinya 	Harga pH, mol zat, K_a , jenis zat	Larutan penyangga	Larutan penyangga basa	Asam lemah dan basa konjugasinya	Campuran HCN dan NaCN	

Tabel 1 Analisis Konsep Larutan Penyangga (lanjutan)

Label Konsep	Definisi Konsep	Jenis Konsep	Atribut		Posisi			Contoh	Non Contoh
			Kritis	Variabel	Super-ordinat	Koor-Dinat	Sub-ordinat		
Asam lemah	Asam lemah terionisasi sebagian dalam air menghasilkan ion H_3O^+ dan ion sisa asam	Konsep berdasarkan prinsip	<ul style="list-style-type: none"> Asam lemah Terionisasi sebagian Air Menghasilkan ion Ion sisa asam 	K_a derajat ionisasi	Kekuatan asam	Asam kuat	Asam lemah mono-protik, asam lemah poliprotik	NH_3 , $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_2$	
Basa konjugasi	Basa konjugasi merupakan pasangan dari asamnya yang memiliki satu atom H lebih sedikit dari pasangannya	Konsep berdasarkan prinsip	<ul style="list-style-type: none"> Basa konjugasi Pasangan asamnya Atom H 	Jenis zat	Asam basa Brönsted Lowry	Asam konjugasi	Pasangan asam basa konjugasi	NH_3 adalah basa konjugasi dari NH_4^+	NH_4^+ adalah asam konjugasi dari NH_3

Larutan penyangga basa	Larutan penyangga basa disusun oleh basa lemah dengan asam konjugasinya	Konsep yang menyatakan sifat	Larutan penyangga basa Basa lemah Asam konjugasinya	Harga pH, mol zat, K_b , jenis zat	Larutan penyangga asam	Basalemah dan asam konjugasinya	Campuran NH_3 dan NH_4Cl	Campuran HCN dan NaCN
------------------------	---	------------------------------	---	--------------------------------------	------------------------	---------------------------------	------------------------------	-----------------------

Tabel 1 Analisis Konsep Larutan Penyangga (lanjutan)

Label Konsep	Definisi Konsep	Jenis Konsep	Atribut			Posisi			Contoh	Non Contoh
			Kritis	Variabel	Super-ordinat	Koor-Dinat	Sub-ordinat			
Basa lemah	Basa lemah terionisasi sebagian dalam air menghasilkan ion OH ⁻ dan ion sisa basa.	Konsep berdasarkan prinsip	<ul style="list-style-type: none"> Basa lemah terionisasi sebagian Air Ion OH⁻ Ion sisa basa 	K _p , derajat ionisasi	Kekuatan basa	Basa kuat	Basa lemah mono-protik, basa lemah poliprotik	NH ₃ , Al(OH) ₃ , Fe(OH) ₂	HCN, CH ₃ COOOH, HCOOH	
Asam konjugasi	Asam konjugasi adalah pasangan dari basanya yang memiliki satu atom H lebih banyak dari pasangannya	Konsep berdasarkan prinsip	<ul style="list-style-type: none"> Basa konjugasi Pasangan asamanya Atom H 	Jenis zat	Asam basa Brönsted Lowry	Asam konjugasi	Pasangan asam basa konjugasi	HCOOH adalah asam konjugasi dari HCOOH	HCOO ⁻	
pH	pH merupakan logaritma negatif dari konsentrasi ion H ⁺	Konsep berdasarkan prinsip	<ul style="list-style-type: none"> pH Logaritma negatif Konsentrasi Ion H⁺ 	Konsentrasi, K _s , derajat ionisasi	Larutan penyangga	Hidrolisis garam, K _{sp}	Asam, basa, garam	Larutan dengan konsentrasi ion H ⁺ sebesar 10 ⁻⁴ memiliki pH=4	Larutan dengan konsentrasi ion OH ⁻ sebesar 10 ⁻⁴ memiliki pOH=4	

Tabel 1 Analisis Konsep Larutan Penyangga (lanjutan)

Label Konsep	Definisi Konsep	Jenis Konsep	Atribut			Posisi			Contoh	Non Contoh
			Kritis	Variabel	Super-Ordinat	Koor-Dinat	Sub-ordinat			
Pengenceran	Pengenceran adalah penambahan sejumlah air pada suatu larutan	Konsep kongkret	Pengenceran Penambahan air Larutan	Konsentrasi larutan, volume air	Penambahan zat ke dalam larutan	Penambahan asam, penambahan basa	Penambahan bahan pelarut ke dalam larutan	Penambahan 10 mL HCl 0,0001 M pada 100 mL larutan penyangga HCOOH-HCOONa	Penambahan 10 mL HCl 0,0001 M pada 100 mL larutan penyangga HCOOH-HCOONa	

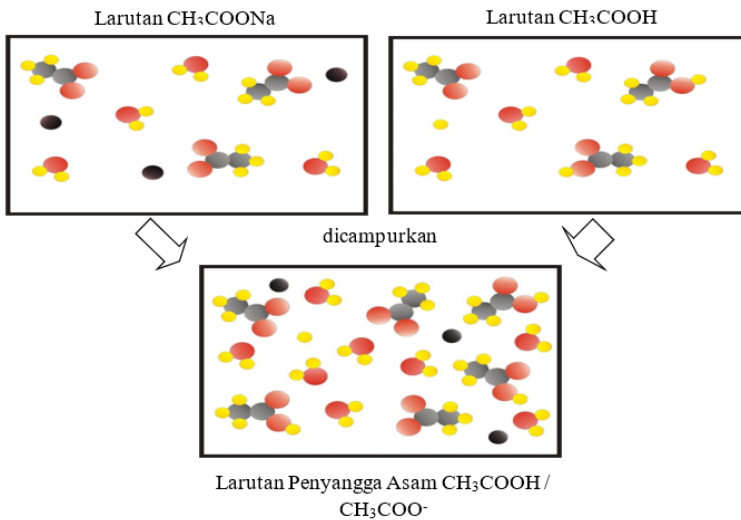
(Sumber: Andari, 2011)

Gambaran Submikroskopik dalam Larutan Penyangga

Komponen utama larutan penyangga, asam lemah dan basa konjugatnya atau basa lemah dan asam konjugatnya, dapat digunakan untuk menjelaskan gambaran submikroskopik dalam larutan penyangga secara konseptual. Mari kita lihat: 1) Dalam larutan penyangga yang terdiri dari asam lemah dan basa konjugasinya, ada asam lemah yang tidak terionisasi sepenuhnya, yang berarti sebagian besar molekul asam masih berada dalam bentuk tidak terionisasi. Molekul-molekul ini dapat dilihat tersebar di seluruh larutan dalam gambaran submikroskopik. Basa konjugat dari asam lemah tersebut juga ada dalam larutan penyangga. Basa konjugat adalah zat yang terbentuk setelah asam lemah kehilangan proton. Ion-ion basa konjugat yang tersebar di dalam larutan dapat dilihat dalam gambaran submikroskopik; 2) Dalam larutan penyangga yang terdiri dari basa lemah dan asam konjugasinya, ada basa lemah yang tidak terionisasi sepenuhnya, yang berarti sebagian besar molekul basa masih berada dalam bentuk tidak terionisasi. Molekul-molekul ini dapat dilihat tersebar di seluruh larutan dalam gambaran submikroskopik. Asam konjugat dari basa lemah tersebut juga ada dalam larutan penyangga. Asam konjugat adalah zat yang terbentuk setelah basa lemah ketambahan proton. Ion-ion asam konjugat yang tersebar di dalam larutan dapat dilihat dalam gambaran submikroskopik.

1. Larutan Penyangga Asam

Representasi submikroskopik dari contoh larutan penyangga asam yang dibentuk dari pencampuran larutan natrium asetat dan larutan asam asetat disajikan dalam gambar 3.



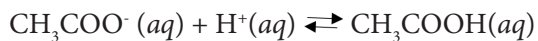
CH_3COOH	CH_3COO^-	Na^+	H^+	H_2O

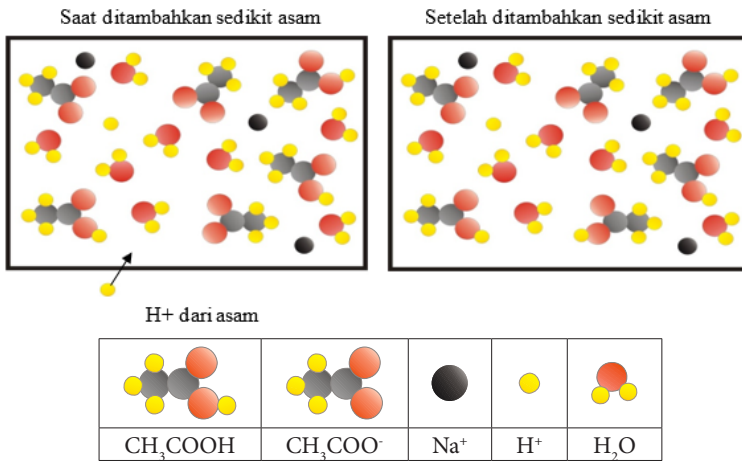
Keterangan: Catatan: Spesi larutan selain yang ada dalam keterangan tidak digambarkan

Gambar 3 Model Submikroskopik Larutan Penyangga Asam dari Pencampuran CH_3COONa (aq) dan CH_3COOH (aq)

Sumber: Andari (2011)

Penambahan sedikit larutan asam kuat ke dalam larutan penyangga $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$, maka ion H^+ dari asam tersebut akan bereaksi dengan basa konjugasi menurut reaksi:





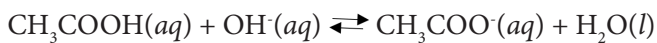
Keterangan: Catatan: Spesi larutan selain yang ada dalam keterangan tidak digambarkan

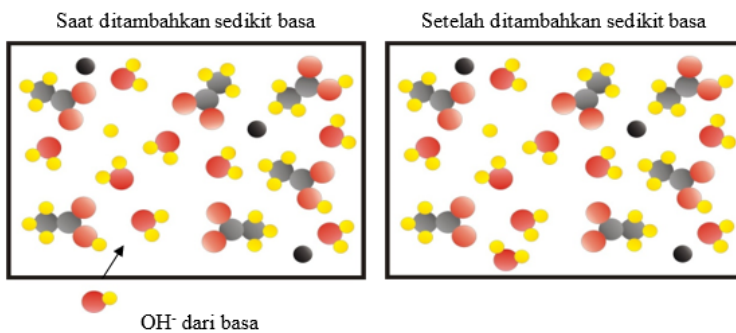
Gambar 4 Model Submikroskopik Larutan Penyangga Asam Saat Ditambahkan Sedikit Asam

Sumber: Andari (2011)

Setelah reaksi perbandingan jumlah konsentrasi CH₃COOH dan CH₃COO⁻ di dalam larutan tidak mengalami perubahan yang signifikan, sehingga tidak terjadi perubahan pH yang signifikan, hanya turun sedikit. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya sedikit konsentrasi CH₃COO⁻ dan bertambahnya sedikit konsentrasi CH₃COOH setelah reaksi.

Penambahan sedikit larutan basa kuat ke dalam larutan penyangga CH₃COOH / CH₃COO⁻, ion OH⁻ dari basa tersebut akan bereaksi dengan asam lemah menurut reaksi:





CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	Na ⁺	H ⁺	H ₂ O

Keterangan: Catatan: Spesi larutan selain yang ada dalam keterangan tidak digambarkan

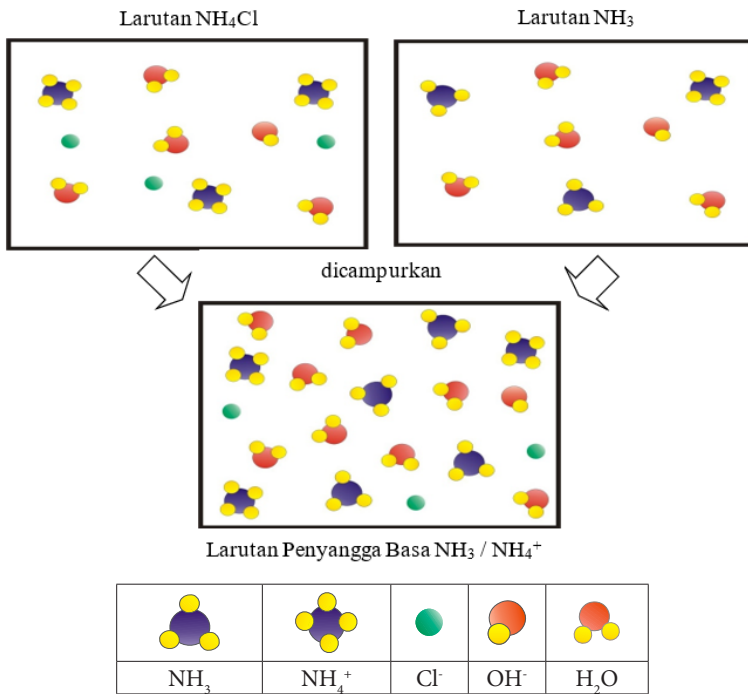
Gambar 5 Model Submikroskopik Larutan Penyangga Asam Saat Ditambahkan Sedikit Basa

Sumber: Andari (2011)

Setelah reaksi perbandingan jumlah konsentrasi CH₃COOH dan CH₃COO⁻ di dalam larutan tidak mengalami perubahan yang signifikan, sehingga tidak terjadi perubahan pH yang signifikan, hanya naik sedikit. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya sedikit konsentrasi CH₃COOH dan bertambahnya sedikit konsentrasi CH₃COO⁻ setelah reaksi.

2. Larutan Penyangga Basa

Representasi submikroskopik dari contoh larutan penyangga basa yang dibentuk dari pencampuran larutan amonia dan larutan amonium klorida disajikan dalam gambar 6.

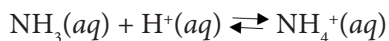


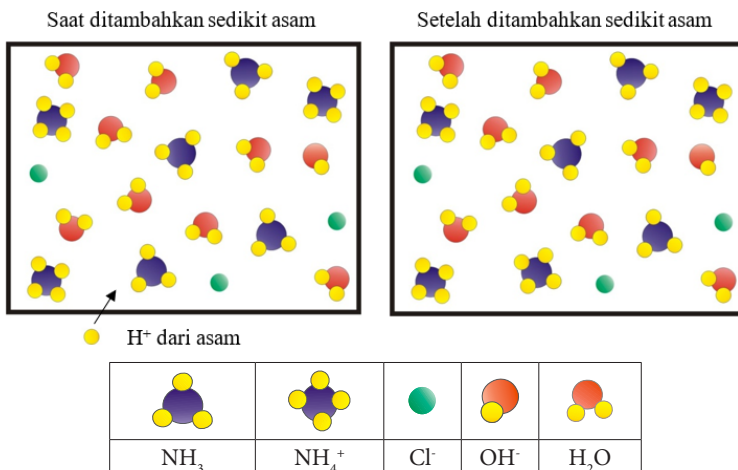
Keterangan: Catatan: Spesi larutan selain yang ada dalam keterangan tidak digambarkan

Gambar 6 Model Submikroskopik Larutan Penyangga Basa dari Pencampuran NH_4Cl (aq) dan NH_3 (aq)

Sumber: Andari (2011)

Saat ditambahkan sedikit larutan asam kuat ke dalam larutan penyangga $\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$, ion H^+ dari asam tersebut akan bereaksi dengan basa lemah menurut reaksi:



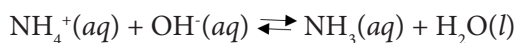


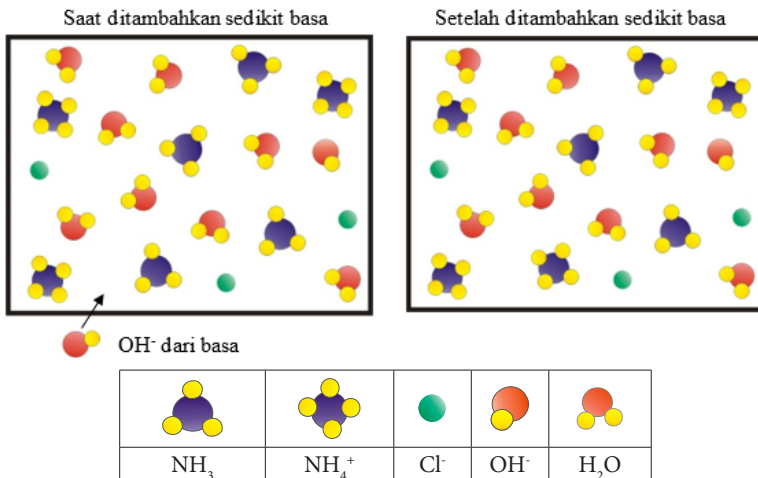
Keterangan: Catatan: Spesi larutan selain yang ada dalam keterangan tidak digambarkan

Gambar 7 Model Submikroskopik Larutan Penyangga Basa Saat Ditambahkan Sedikit Asam

Sumber: Andari (2011)

Setelah reaksi perbandingan, konsentrasi NH₃ dan NH₄⁺ dalam larutan tidak berubah secara signifikan; akibatnya, pH hanya turun sedikit. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya sedikit konsentrasi NH₃ dan bertambahnya sedikit konsentrasi NH₄⁺ setelah reaksi. Penambahan sedikit larutan basa kuat ke dalam larutan penyangga NH₃ / NH₄⁺, ion OH⁻ dari basa tersebut akan bereaksi dengan asam konjugasi menurut reaksi:





Keterangan: Catatan: Spesi larutan selain yang ada dalam keterangan tidak digambarkan

Gambar 8 Model Submikroskopik Larutan Penyangga Basa Saat Ditambahkan Sedikit Basa

Sumber: Andari (2011)

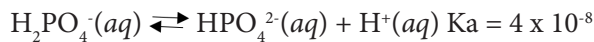
Setelah reaksi perbandingan jumlah konsentrasi NH₃ dan NH₄⁺ di dalam larutan tidak mengalami perubahan yang signifikan, sehingga tidak terjadi perubahan pH yang signifikan, hanya naik sedikit. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya sedikit konsentrasi NH₄⁺ dan bertambahnya sedikit konsentrasi NH₃ setelah reaksi.

Larutan penyangga yang mengalami pengenceran kurang dari sepuluh kali volumenya tidak akan mengalami perubahan pH. Hal ini disebabkan oleh tidak berubahnya perbandingan konsentrasi asam lemah / basa konjugasi atau basa lemah / asam konjugasi pada larutan penyangga setelah mengalami pengenceran.

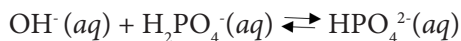
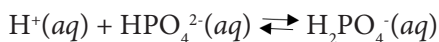
3. Aplikasi Larutan Penyangga

Sistem penyangga cairan intra sel (di dalam sel) yang menjaga agar pH cairan tubuh tetap $7,4 \pm 0,4$ adalah salah satu aplikasi larutan penyangga yang ada dalam tubuh manusia. Sistem penyangga

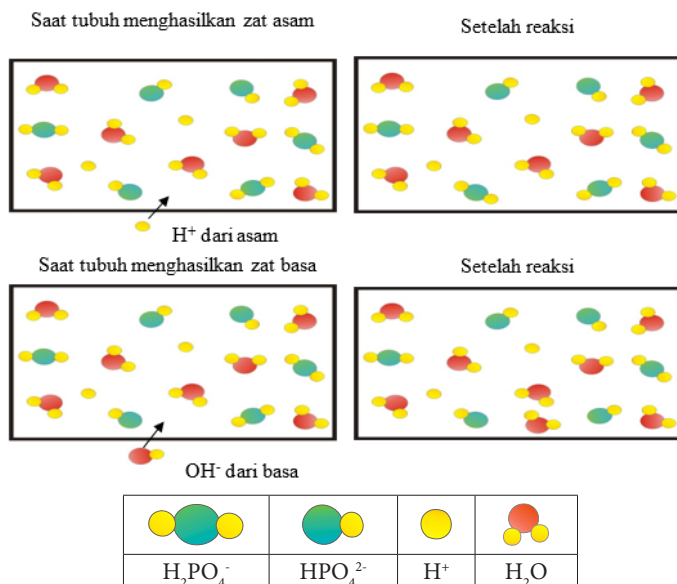
cairan intra sel terdiri dari campuran H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} yang disediakan oleh glukosa-6-posfat dan adenosin triposfat (ATP).



Ion H_2PO_4^- dan ion HPO_4^{2-} memiliki konsentrasi yang sama di dalam sel, sehingga pH sama dengan pKa, yaitu $8 - \log 4 = 7,4$. Sistem penyangga tersebut akan mempertahankan pH jika tubuh kita menghasilkan zat yang bersifat asam atau basa dengan reaksi sebagai berikut:



Gambar 9 menunjukkan proses cairan intrasel mempertahankan pH di dalam tubuh kita.



Keterangan: Catatan: Spesi larutan selain yang ada dalam keterangan tidak digambarkan

Gambar 9 Model Submikroskopik Sistem Penyangga Cairan Intrasel Mempertahankan pH

Sumber: Andari (2011)

Dengan demikian adanya zat asam atau basa yang dihasilkan tubuh kita tidak membuat konsentrasi ion H_2PO_4^- dan ion HPO_4^{2-} berubah banyak sehingga pH relatif tetap.

Hasil Penelitian Model Mental Mahasiswa Calon Guru Kimia Asal Papua pada Materi Larutan Penyangga

Mata kuliah Kimia Dasar termasuk matakuliah program studi S1 Pendidikan Kimia yang wajib dipelajari oleh calon guru kimia yang dibagi menjadi dua bagian yaitu Kimia Dasar I dan Kimia Dasar II serta didalamnya terintegrasi Praktikum Kimia Dasar. Bobot mata kuliah ini adalah 4 SKS yang terdiri dari 3 SKS tatap muka kelas dan 1 SKS praktikum. Mata kuliah ini dipelajari pada tingkat pertama dengan tujuan menguatkan kembali konsep dasar kimia yang telah dipelajari mahasiswa pada jenjang pendidikan sebelumnya melalui tatap muka kelas dan praktikum. Salah satu topik yang dipelajari dalam Kimia Dasar II adalah larutan penyangga. Berdasarkan hasil observasi, wawancara dengan dosen pengasuh matakuliah Kimia Dasar 2, analisis angket mahasiswa, analisis silabus dan SAP perkuliahan Kimia Dasar 2 salah satu universitas di Papua diperoleh bahwa metode mengajar yang digunakan dalam perkuliahan ini adalah ceramah, tanya jawab, diskusi dan latihan soal. Materi larutan penyangga merupakan bagian dari topik kesetimbangan asam basa dan kelarutan. Pada materi ini dosen menerapkan metode ceramah, tanya jawab, diskusi dan latihan soal. Penekanan pengajaran materi larutan penyangga pada penurunan rumus dan perhitungan (model simbolik). Dosen kurang merancang pembelajaran pada level submikroskopik dengan alasan keterbatasan media pembelajaran. Berikut ini tanggapan mahasiswa tentang kimia dan proses pembelajaran larutan penyangga.

Tabel 2 Persentase Tanggapan Mahasiswa Terhadap Kimia

Pertanyaan	Persentase Tanggapan
1. Apakah Anda menyukai kimia?	a. Ya (100%) b. Tidak
2. Diantara materi-materi dalam kimia, materi pokok larutan penyangga tergolong materi yang.....	a. Paling disukai (50%) b. Disukai (50%) c. Tidak disukai d. Paling tidak disukai
3. Materi pokok larutan penyangga tergolong materi.....	a. Paling sulit (16,67%) b. Sulit (33,33%) c. Mudah (33,33%) d. Paling mudah (16,67%)

Berdasarkan data di atas diperoleh bahwa semua mahasiswa asal Papua menyukai kimia karena kimia erat dengan kehidupan sehari-hari. Tanggapan mahasiswa tentang tingkat kesulitan materi larutan penyangga bervariasi. Berikut ini disajikan data tanggapan mahasiswa terhadap proses pembelajaran larutan penyangga baik di tingkat SMA maupun perguruan tinggi.

Tabel 3 Persentase Tanggapan Mahasiswa Terhadap Proses Pembelajaran

Pertanyaan	Persentase Tanggapan
1. Apakah dalam pembelajaran di SMA, guru membahas fenomena-fenomena yang teramati pada peristiwa dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan materi larutan penyangga?	a. Ya (83,33%) b. Tidak (16,67%)
2. Apakah dalam pembelajaran di Perguruan Tinggi, Anda mempelajari fenomena-fenomena yang teramati pada peristiwa dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan materi larutan penyangga?	a. Ya (100%) b. Tidak
3. Apakah dalam pembelajaran di SMA, guru menjelaskan keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) pada materi pokok larutan penyangga?	a. Ya (100%) b. Tidak

Pertanyaan	Persentase Tanggapan
4. Apakah dalam perkuliahan di Perguruan Tinggi, Anda mempelajari keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) pada materi pokok larutan penyangga?	a. Ya (50%) b. Tidak (50%)
5. Apakah dalam pembelajaran di SMA, guru menjelaskan mengenai penurunan rumus pada materi larutan penyangga?	a. Ya (83,33%) b. Tidak (16,67%)
6. Apakah dalam perkuliahan di Perguruan Tinggi, Anda mempelajari penurunan rumus pada materi larutan penyangga?	a. Ya (100%) b. Tidak
7. Apakah dalam pembelajaran di SMA, guru menjelaskan mengenai perhitungan pada materi larutan penyangga?	a. Ya (83,33%) b. Tidak (16,67%)
8. Apakah dalam perkuliahan di Perguruan Tinggi, Anda mempelajari perhitungan pada materi larutan penyangga?	a. Ya (100%) b. Tidak
9. Apakah pada materi kimia yang lain Anda mempelajari kimia pada skala makroskopik, submikroskopik dan simbolik ?	a. Ya (16,67%) b. Tidak (83,33%)
10. Menurut Anda, pembelajaran kimia seperti apakah yang seharusnya diterapkan?	Materi kimia yang langsung dipraktikkan
11. Apa yang Anda lakukan ketika mengalami kesulitan dalam mempelajari larutan penyangga?	Bertanya dengan teman lainnya, mempelajari buku teks dan bertanya kepada dosen.

Berdasarkan data di atas menunjukkan bahwa proses pembelajaran larutan penyangga dengan membahas fenomena-fenomena yang teramati pada peristiwa dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan materi larutan penyangga, mempelajari perhitungan dan penurunan rumus serta menjelaskan keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) pada materi pokok larutan penyangga secara simbolik bukan submikroskopik.

Berikut ini tanggapan mahasiswa terhadap soal ulangan yang dirancang guru maupun dosen pada materi larutan penyangga:

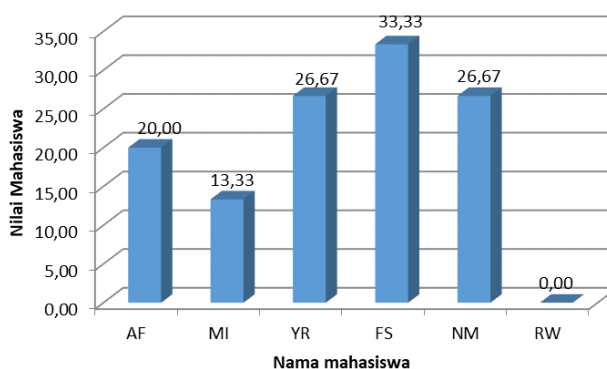
Tabel 4 Tanggapan Mahasiswa Terhadap Soal Ulangan

Pertanyaan	Persentase Tanggapan
1. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di SMA terdapat pertanyaan mengenai hal-hal fenomena yang teramati pada peristiwa dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan materi larutan penyangga?	a. Ya (66,67%) b. Tidak (33,33%)
2. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di Perguruan Tinggi terdapat pertanyaan mengenai hal-hal fenomena yang teramati pada peristiwa dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan materi larutan penyangga?	a. Ya (100%) b. Tidak
3. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di SMA pada materi larutan penyangga terdapat pertanyaan mengenai penjelasan keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) secara verbal atau tulisan?	a. Ya (33,33%) b. Tidak (66,67%)
4. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di Perguruan Tinggi pada materi larutan penyangga terdapat pertanyaan mengenai penjelasan keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) secara verbal atau tulisan?	a. Ya (100%) b. Tidak
5. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di SMA pada materi larutan penyangga terdapat pertanyaan mengenai penjelasan keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) secara gambar?	a. Ya (33,33%) b. Tidak (66,67%)
6. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di Perguruan Tinggi pada materi larutan penyangga terdapat pertanyaan mengenai penjelasan keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) secara gambar?	a. Ya b. Tidak (100%)
7. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di SMA pada materi larutan penyangga terdapat penurunan rumus?	a. Ya (66,67%) b. Tidak (33,33%)
8. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di Perguruan Tinggi pada materi larutan penyangga terdapat penurunan rumus?	a. Ya (100%) b. Tidak

Pertanyaan	Persentase Tanggapan
9. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di SMA pada materi larutan penyangga terdapat soal perhitungan?	a. Ya (100%) b. Tidak
10. Apakah dalam soal ujian (ulangan) di Perguruan Tinggi pada materi larutan penyangga terdapat soal perhitungan?	a. Ya (100%) b. Tidak

Berdasarkan data di atas, guru atau dosen merancang soal ulangan pada materi larutan penyangga meliputi hal-hal fenomena yang teramati pada peristiwa dalam kehidupan sehari-hari, penjelasan keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) secara verbal atau tulisan dan soal perhitungan. Sebagian kecil guru membuat soal mengenai penjelasan keadaan partikel (jenis/macam/susunan partikel) secara gambar dan soal berkenaan dengan penurunan rumus. Dosen juga menyusun soal ujian pada materi larutan penyangga berkenaan dengan penurunan rumus. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penekanan soal ulangan atau ujian pada materi ini adalah secara makroskopik (fenomena dalam kehidupan sehari-hari) dan simbolik (penurunan rumus dan perhitungan).

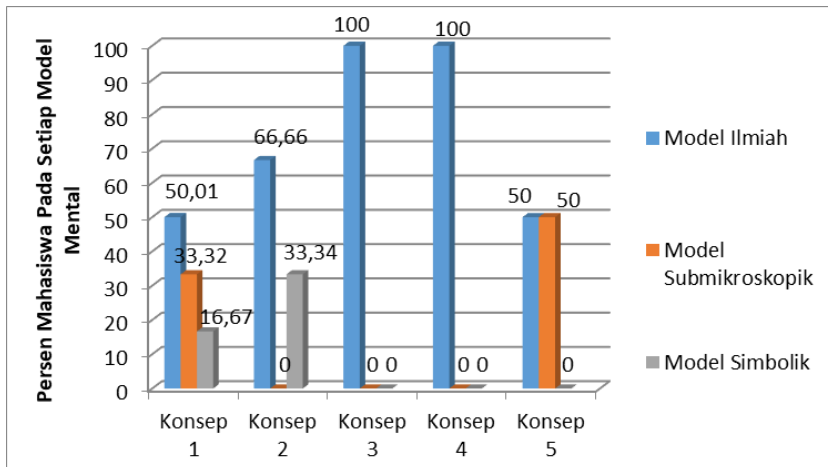
Berdasarkan hasil tes tertulis terhadap 6 mahasiswa Pendidikan Kimia asal Papua diperoleh nilai mahasiswa pada materi Larutan Penyangga sebagai berikut:



Gambar 10 Nilai Mahasiswa Calon Guru Kimia Asal Papua Pada Materi Larutan Penyangga Secara Keseluruhan

Data di atas menunjukkan rendahnya penguasaan konsep mahasiswa pada mata kuliah ini. Penguasaan konsep tertinggi diperoleh oleh mahasiswa FS dengan nilai 33,33 dan mahasiswa RW tidak mampu menjawab soal dengan benar (nilai nol). Hasil analisis jawaban mahasiswa dan wawancara untuk menggali informasi lebih lanjut diperoleh bahwa sebagian besar mahasiswa tidak memahami materi dengan benar. Mahasiswa mengatakan bahwa konsep aplikasi larutan penyangga dalam kehidupan sehari-hari belum diajarkan di SMA.

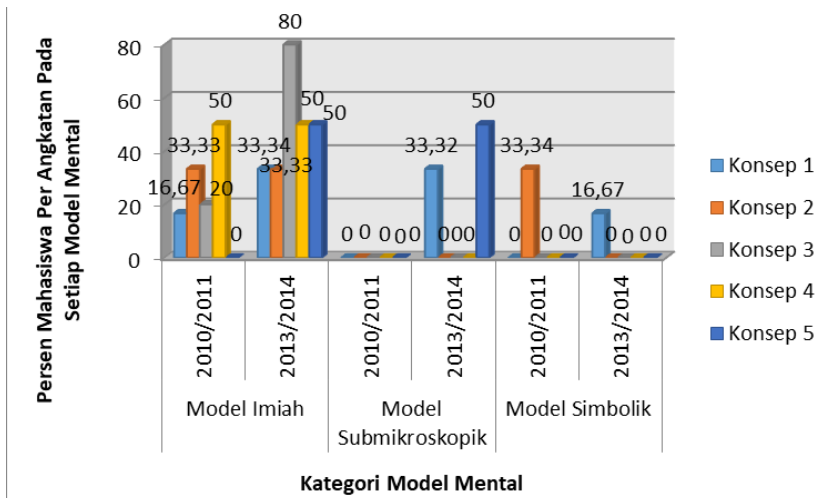
Sementara itu, berdasarkan hasil jawaban benar dari tes tertulis terhadap 6 mahasiswa Pendidikan Kimia asal Papua diperoleh profil model mental mahasiswa pada setiap konsep dalam materi Larutan Penyangga sebagai berikut:



Gambar 11 Profil Model Mental Mahasiswa Calon Guru Kimia Asal Papua Pada Materi Larutan Penyangga Secara Keseluruhan

Data di atas menunjukkan bahwa mahasiswa lebih banyak menggunakan model ilmiah dalam menjelaskan fenomena larutan penyangga. Model simbolik hanya dijumpai pada konsep 1 dan 2 saja sedangkan model submikroskopik hanya dijumpai pada konsep 1 dan 5. Tidak dijumpai mahasiswayang memiliki model mental yang lengkap (model ilmiah, submikroskopik dan simbolik) dalam menjelaskan fenomena larutan penyangga.

Sementara itu, profil model mental pada setiap konsep larutan penyangga untuk tiap angkatan sebagai berikut:



Gambar 12 Profil Model Mental Mahasiswa Calon Guru Kimia Asal Papua Untuk Tiap Angkatan Pada Materi Larutan Penyangga Secara Keseluruhan

Berdasarkan data di atas, model ilmiah banyak digunakan oleh kedua angkatan dalam menjelaskan fenomena larutan penyangga. Persentase tertinggi penggunaan model ilmiah oleh angkatan 2010/2011 adalah model ilmiah untuk menjelaskan konsep 4 (50%) namun mahasiswa angkatan ini tidak menggunakan model ini untuk menjelaskan konsep 5. Sementara itu mahasiswa angkatan 2013/2014 lebih banyak menggunakan model ilmiah dengan persentase tertinggi saat menjelaskan konsep 2 (80%) dan persentase terendah saat menjelaskan konsep 1 dan 2 (masing-masing 33,34%). Selain itu, penggunaan model submikroskopik hanya dijumpai pada angkatan 2013/2014 saat menjelaskan konsep 1 dan 5. Model simbolik digunakan oleh kedua angkatan namun hanya pada konsep tertentu saja. Angkatan 2010/2011 menggunakan model ini untuk menjelaskan konsep 2 sedangkan angkatan 2013/2014 menggunakan model ini untuk menjelaskan konsep 1. Bila ditinjau secara keseluruhan, mahasiswa angkatan 2013/2014 lebih banyak menggunakan model

mental dalam menjelaskan fenomena larutan penyangga. Faktanya, angkatan 2010/2011 sudah dua kali mempelajari materi ini yaitu sewaktu di SMA dan di perguruan tinggi, namun hasil belajar mereka lebih rendah bila dibandingkan mahasiswa angkatan 2013/2014. Hal ini diduga karena mahasiswa mengalami kesulitan dalam mempelajari materi larutan penyangga dan tercermin dari tingkat pemahaman mahasiswa pada materi ini. Akibatnya, model mental yang dibentuk mahasiswa tidak lengkap dan kurang dapat diandalkan.

Hasil Penelitian Faktor-Faktor yang Berkontribusi terhadap Pembentukan Model Mental Mahasiswa Calon Guru Kimia

Hasil angket mahasiswa menunjukkan bahwa untuk membentuk model mentalnya harus berdasarkan pada pengajaran guru atau dosen, media pembelajaran dan buku teks yang digunakan.

Tabel 5 Tanggapan Mahasiswa pada Setiap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Model Mental dalam Topik Larutan Penyangga

Nama mahasiswa	Faktor a	Faktor b	Faktor c	Faktor d	Faktor e
AF	√	-	√	-	-
MI	√	√	-	-	-
YR	√	√	-	-	-
FS	√	√	-	-	-
NM	√	√	-	-	-
RW	√	√	-	-	-

Keterangan:

- Faktor a : Penjelasan Guru
- Faktor b : Penjelasan dalam Buku Teks
- Faktor c : Media Pembelajaran di Kelas
- Faktor d : Kegiatan Praktikum
- Faktor e : Faktor lain

Hasil Penelitian Kemampuan Penalaran Mahasiswa Asal Papua

TOLT (*Test of Logical Thinking*) dapat digunakan untuk mendapatkan data tentang tahap perkembangan intelektual, selain itu dapat digunakan untuk melihat kemampuan penalaran peserta (Valanides, 1996). Berikut kemampuan penalaran mahasiswa asal Papua:

Tabel 6 Kemampuan Penalaran Mahasiswa Asal Papua

No.	Nama	Proporsional		Pengontrolan Variabel		Probabilitas		Korelasional		Kombinatorial		Jumlah	Kriteria	Gender	Umur
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	AF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PK	P	23 tahun
2	MI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PK	L	21 tahun
3	YR	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	PK	P	18 tahun
4	FS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	PK	P	17 tahun
5	NM	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	PK	P	18 tahun
6	RW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PK	P	18 tahun

Data di atas menunjukkan kemampuan penalaran semua mahasiswa asal Papua masih tergolong penalaran konkrit (skor yang diperoleh 0 dan 1).

Temuan-temuan yang diperoleh berdasarkan hasil observasi, wawancara, dokumentasi maupun angket mahasiswa menunjukkan bahwa mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia asal Papua memiliki kemampuan akademik yang rendah (rata-rata IPK 1,24). Rendahnya kemampuan akademik mahasiswa tergambar pula pada model mental mereka saat memberi penjelasan berkaitan dengan fenomena larutan penyangga. Mahasiswa lebih banyak menggunakan model ilmiah dalam menjelaskan fenomena larutan penyangga. Model simbolik hanya dijumpai pada konsep pengertian larutan penyangga dan konsep sifat larutan penyangga saja sedangkan model

submikroskopik hanya dijumpai pada konsep pengertian larutan penyangga dan konsep aplikasi larutan penyangga. Hasil analisis angket menunjukkan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap pembentukan model mental mahasiswa adalah faktor pengajaran guru atau dosen, media pembelajaran dan buku teks yang digunakan. Guru maupun dosen menggunakan metode ceramah, tanya jawab, diskusi dan latihan soal dengan lebih menekankan pada perhitungan (model simbolik) saat pembelajaran larutan penyangga. Harrison & Treagust (2000) mengatakan ketika mempelajari ilmu pengetahuan, peserta didik memperoleh pengetahuan tentang model mental ilmiah sebagai akibat dari paparan pengajaran model. Artinya, peserta didik membuat model mental mereka sendiri ketika mereka belajar dan mencoba untuk memahami pengetahuan ilmiah selama proses pembelajaran (Chittleborough, Treagust, Mamiala, & Mocerino, 2005). Oleh karena itu peran pengajar dan media pembelajaran yang digunakan pengajar sangat berpengaruh pada pembentukan model mental peserta didiknya. Selain itu, ketika mahasiswabelajar mandiri melalui buku teks yang digunakan juga memberi kontribusi pada pembentukan model mentalnya.

Hasil analisis lanjut menunjukkan tidak satupun mahasiswa yang memiliki model mental yang lengkap (model ilmiah, submikroskopik dan simbolik) dalam menjelaskan fenomena larutan penyangga. Rendahnya kemampuan akademik mahasiswamengakibatkan mahasiswamengalami kesulitan dalam mengerjakan soal-soal perhitungan. Hal ini didukung oleh pernyataan Gestalt dalam Slameto (2003) bahwa pemahaman (*insight*) seseorang bergantung kepada kemampuan dasar, dan pengalaman masa lampau yang relevan. Tidak satu pun mahasiswamampu mengerjakan soal yang berkaitan dengan pH larutan penyangga meskipun dalam proses pembelajaran, dosen menggunakan metode latihan soal untuk memperdalam pemahaman mahasiswaterhadap konsep larutan penyangga yang berkaitan dengan perhitungan.

Berdasarkan hasil tes TOLT (*Test of Logical Thinking*) diperoleh bahwa kemampuan penalaran semua mahasiswa asal Papua tergolong penalaran konkrit (skor yang diperoleh 0 dan 1). Tes TOLT mengevaluasi lima kemampuan penalaran yang memiliki relevansi dengan pengajaran ilmu pengetahuan (sains). Tes TOLT berisi dua item dari masing-masing penalaran sebagai berikut: penalaran proporsional, penalaran probabilistik, mengendalikan variabel, penalaran korelasional, dan penalaran kombinatorial. Pengetahuan tentang kemampuan penalaran proporsional peserta didik sangat penting dalam menilai kemampuan mereka untuk bekerja dengan dan memahami sifat kuantitatif sains. Peserta didik yang tidak bisa penalaran proporsional mengalami kesulitan memahami persamaan dan hubungan fungsional. Proses identifikasi variabel dan variabel kontrol adalah keterampilan berpikir proses yang paling penting. Dalam rangka untuk merancang penyelidikan eksperimental peserta didik harus mampu menentukan, membedakan dan memanipulasi variabel dependen dan independen. Penalaran probabilistik memungkinkan peserta didik untuk memahami kebutuhan untuk percobaan diulang dalam penyelidikan serta penggunaan rata-rata dari data yang dikumpulkan dari eksperimen digandakan. Untuk mengidentifikasi dan memverifikasi hubungan antara variabel dalam memecahkan masalah, peserta didik harus memiliki penalaran korelasional. Berdasarkan hasil tes TOLT, kemampuan penalaran mahasiswa berbeda yaitu satu orang mahasiswa memiliki kemampuan penalaran proporsional, satu orang mahasiswa memiliki kemampuan penalaran korelasional dan satu orang mahasiswa memiliki kemampuan penalaran kombinatorial. Diduga rendahnya pemahaman mahasiswa calon guru kimia asal Papua berkaitan dengan rendahnya kemampuan penalaran mereka sehingga mengakibatkan model mental yang dibentuknya lebih sederhana hanya fokus pada satu model mental. Dahar (1996) mengatakan kemampuan bernalar tidak hanya ditentukan oleh usia saja tetapi juga karena faktor kedewasaan, pengalaman fisik, pengalaman logika

matematika, transmisi sosial dan proses keseimbangan atau proses pengaturan diri.





BAB IV

MODEL MENTAL PADA MATERI KENAIKAN TITIK DIDIH LARUTAN DAN PENURUNAN TITIK BEKU LARUTAN

Kata koligatif berasal dari bahasa Latin (*colligare*) yang berarti berkumpul bersama. Dengan demikian sifat koligatif larutan dapat didefinisikan sebagai sifat larutan yang hanya tergantung pada banyaknya partikel zat terlarut relatif terhadap jumlah total partikel yang ada, tetapi bukan pada sifat alami partikel-partikel zat terlarut (Dogra dan Dogra, 2008). Sifat ini hanya berlaku pada larutan encer dan zat yang dilarutkan ke dalam suatu pelarut bersifat tidak mudah menguap (*non volatile solute*).

Sifat koligatif larutan hanya berlaku untuk larutan encer yang mengandung zat terlarut non-volatile, yang tidak mudah menguap, dan didasarkan pada jumlah partikel zat terlarut dalam larutan. Sifat-sifat koligatif, yang berasal dari bahasa Latin “*colligere*”, yang berarti “berkumpul bersama”, didasarkan pada konsentrasi relatif partikel zat terlarut dalam larutan.

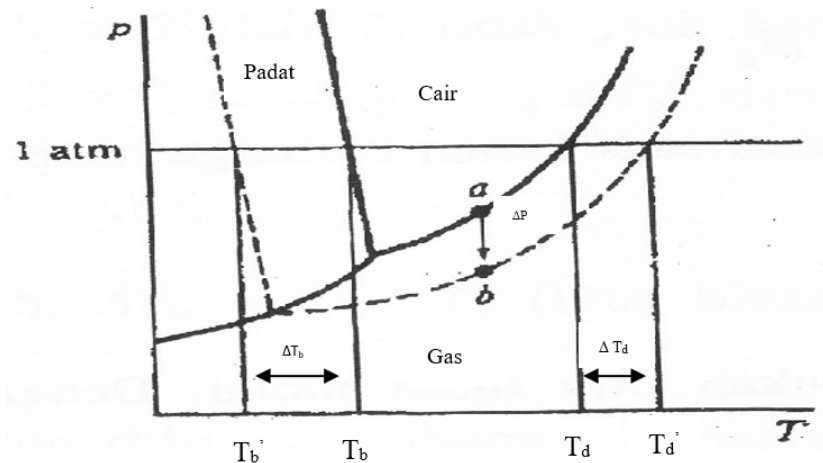
Sifat koligatif larutan meliputi penurunan tekanan uap jenuh larutan, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan

osmotik larutan. Sifat koligatif larutan yang menjadi fokus bahasan dalam buku ini adalah kenaikan titik didih larutan dan penurunan titik beku larutan.

Kenaikan Titik didih Larutan

Tekanan uap suatu zat cair akan meningkat bila suhu dinaikkan sampai zat cair itu mendidih. Suatu zat cair dikatakan mendidih bila tekanan uapnya sama dengan tekanan atmosfer (tekanan udara luar). Karena tekanan uap adalah konstan maka suhu dari cairan yang mendidih akan tetap sama. Jadi *titik didih* adalah suhu pada saat tekanan uap yang dihasilkan oleh cairan sama dengan tekanan atmosfer.

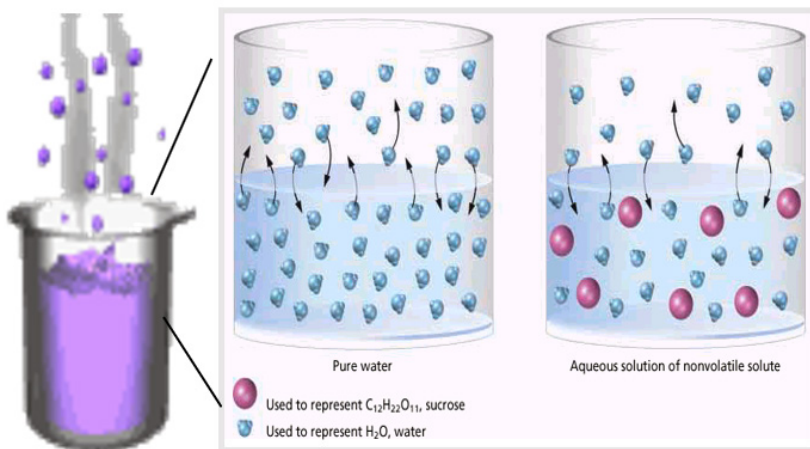
Jika ke dalam cairan yang mendidih ditambahkan zat yang tidak mudah menguap maka tekanan uap larutan yang terbentuk akan lebih rendah dari tekanan uap pelarut murni. Dengan demikian, larutan akan mendidih pada suhu lebih tinggi dari suhu didih pelarut murni pada tekanan atmosfer yang sama. Contohnya air pada tekanan 1 atm mempunyai titik didih 100°C. Jika air mengandung zat terlarut yang sukar menguap (misalkan gula), maka titik didihnya akan lebih besar dari 100°C. Penyimpangan tersebut dapat dijelaskan dengan bantuan diagram fasa air murni dan larutannya (gambar 13).



Gambar 13 Diagram Fasa Air Murni dan Larutan Zat non volatile solute

Diagram fasa di atas merupakan fungsi suhu (T) dan tekanan (P) dan biasa disebut diagram P-T. Diagram P-T menyatakan hubungan antara suhu dan tekanan pada fasa zat (padat, cair, gas). Diagram fasa menyatakan batas-batas suhu dan tekanan saat suatu bentuk fasa berada dalam keadaan stabil. Diagram fasa di atas menunjukkan diagram fasa air murni dan diagram fasa larutan zat terlarut *non volatile* dalam pelarut air. Pada gambar tersebut kurva dengan garis penuh adalah untuk air murni dan kurva garis putus-putus untuk larutannya.

Diagram P-T untuk air murni menunjukkan garis padat-cair yang menggambarkan keadaan dari semua titik (T, P) untuk kesetimbangan padat-cair. Semua titik di sebelah kiri garis ini ada di bawah titik bekunya, dan yang stabil pada keadaan ini adalah padatnya. Semua titik agak ke kanan dari garis ini ada di atas titik bekunya, karena titik-titik yang ada di daerah tersebut berada pada keadaan cair dan titik di sebelah kanan dari garis cair-gas dan garis padat-gas akan berada dalam keadaan gas. Perpotongan garis padat-cair dan cair-gas serta padat-gas bertemu di satu titik pada tekanan dan suhu tertentu yang fasa padat, cairan dan gasnya ada bersama-sama dalam kesetimbangan disebut titik triple (titik O). Dengan adanya zat terlarut *non volatile* maka tekanan uap dari pelarut dalam larutan menjadi turun sebesar ΔP sehingga diagram fasa P-T larutan berada di bawah diagram fasa P-T air murni (pelarut). Pada tekanan 1 atm titik didih air sebesar 100°C ($373,15\text{ K}$) sedangkan titik didih larutannya pada 1 atm lebih besar daripada titik didih normal air tersebut. Meningkatnya titik didih larutan dari titik didih pelarutnya disebut *kenaikan titik didih larutan* (ΔT_d). Subscribe d menunjukkan didih sedangkan subscribe d menunjukkan didih. Berikut ini model keadaan submikroskopik titik didih air murni dan larutan gula pada wadah tertutup:



Gambar 14 Model Keadaan Submikroskopik Titik Didih Air Murni Dan Larutan Gula Pada Wadah Tertutup

Penurunan tekanan uap larutan tidak hanya pada suhu 100°C , tetapi juga pada suhu yang lebih rendah sampai ke titik tripel. Hal ini menyebabkan garis kesetimbangan cair-gas bergeser sehingga menyebabkan titik tripel pindah dari O ke O'. Besarnya penyimpangan atau gejala ini dapat dipahami dari hukum Raoult (untuk larutan ideal) dan hukum Henry (untuk larutan encer).

Persamaan Clausius-Clapeyron menghubungkan variasi tekanan pada fase terkondensasi dengan kesetimbangan uap terhadap suhu. Hubungan tersebut dapat diturunkan dari persamaan Clapeyron dengan asumsi bahwa volum molar uap jauh lebih besar dari volum molar cairan dan uap bersifat ideal.

Bila dua fasa dalam suatu sistem satu komponen berada dalam kesetimbangan, kedua fasa tersebut mempunyai energi Gibbs molar yang sama. Pada sistem yang memiliki fasa α dan β maka:

$$G_{\alpha} = G_{\beta} \dots\dots\dots (1.1)$$

Jika tekanan dan suhu diubah dengan tetap menjaga kesetimbangan maka:

$$dG_{\alpha} = dG_{\beta} \dots\dots\dots (1.2)$$

$$\left(\frac{\partial G_\alpha}{\partial P}\right)_T dP + \left(\frac{\partial G_\alpha}{\partial T}\right)_P dT = \left(\frac{\partial G_\beta}{\partial P}\right)_T dP + \left(\frac{\partial G_\beta}{\partial T}\right)_P dT \dots\dots\dots (1.3)$$

Dengan menggunakan persamaan Maxwell didapat:

$$V_\alpha dP - S_\alpha dT = V_\beta dP - S_\beta dT \dots\dots\dots (1.4)$$

$$\frac{dP}{dT} = \frac{S_\beta - S_\alpha}{V_\beta - V_\alpha} = \frac{\Delta S}{\Delta V} \dots\dots\dots (1.5)$$

Karena $\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$ (1.6)

maka $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T \Delta V}$ (1.7)

Persamaan 1.7 di atas disebut sebagai *persamaan Clapeyron* yang dapat digunakan untuk menentukan entalpi penguapan, sublimasi, peleburan, maupun transisi antara dua fasa. Entalpi sublimasi, peleburan dan penguapan pada suhu tertentu dihubungkan dengan persamaan:

$$\Delta H_{\text{sublimasi}} = \Delta H_{\text{peleburan}} + \Delta H_{\text{penguapan}} \dots\dots\dots (1.8)$$

Untuk peristiwa penguapan dan sublimasi, Clausius menunjukkan bahwa persamaan Clapeyron dapat disederhanakan dengan mengandaikan uapnya mengikuti hukum gas ideal dan mengabaikan volum cairan ($V_l V_l$) yang jauh lebih kecil dari volum uap ($V_g V_g$).

$$\Delta V = V_g - V_l \approx V_g \dots\dots\dots (1.9)$$

Bila $\frac{RT}{P} = V_g$ (1.10)

maka persamaan 1.7 menjadi:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{P \Delta H_v}{RT^2}$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{\Delta H_v}{RT^2} dT$$

Bila diintegalkan persamaan di atas, maka diperoleh:

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{1}{P} dP = \frac{\Delta H_v}{R} \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T^2} dT$$

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_v}{R} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = - \frac{\Delta H_v (T_2 - T_1)}{RT_1 T_2} \dots \dots \dots (1.11)$$

Persamaan 1.11 di atas disebut *persamaan Clausius Clapeyron*.

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan Clausius-Clapeyron, maka terhadap larutan ideal yang encer berlaku persamaan berikut:

Pada gambar 2.1, dimisalkan pelarut murni mempunyai titik didih T_o dan tekanan uap pada P_o . Dengan adanya zat yang tidak mudah menguap yang larut, tekanan uap menjadi P dan titik didih meningkat menjadi T sehingga persamaan 1.11 dapat ditulis menjadi:

$$\ln \frac{P}{P_o} = - \frac{\Delta H_v}{R} \left(\frac{T - T_o}{T_o T} \right)$$

$$\ln \frac{P}{P_o} = - \frac{\Delta H_v}{R} \left(\frac{\Delta T}{T_o T} \right) \dots \dots \dots (1.12)$$

Dari hukum Raoult diperoleh bahwa $P = X_A \cdot P_o = \frac{X_A \cdot P_o}{X_A + 1 - X_B}$

maka $1 - X_B = \frac{P}{P_o}$ atau $\ln (1 - X_B) = \ln \frac{P}{P_o} \dots \dots \dots (1.13)$

Secara matematis: $\ln(1 - X_B) = -X_B - \frac{X_B^2}{2} - \frac{X_B^3}{3} \dots \dots \dots (1.14)$

Untuk larutan sangat encer maka X_B sangat kecil sehingga X_B^2, X_B^3 dst dianggap sangat kecil sehingga bisa diabaikan. Sehingga $\ln(1 - X_B) = -X_B \dots \dots \dots (1.15)$

Substitusi persamaan (1.13) dan (1.15) ke persamaan (1.12) sehingga diperoleh:

$$X_B = \frac{\Delta H_v}{R} \frac{\Delta T}{T_o T} \dots \dots \dots (1.16)$$

ΔH_v adalah entalpi penguapan, R adalah tetapan gas, dan X_B adalah fraksi mol zat terlarut. Jika nilai $\Delta T = \Delta T_d$ (kenaikan titik didih, dimana subscribe *dd* menunjukkan didih) dan nilai $T = T_0$ maka $(T_0 T) = T^2$. Substitusi nilai ini ke dalam persamaan (1.16) diperoleh persamaan (1.17):

$$\Delta T_d = \frac{RT^2}{\Delta H_v} X_B \dots\dots\dots (1.17)$$

Sementara itu, untuk larutan encer berlaku: $X_B = \frac{n_B}{n_{pelarut}}$ apabila dinyatakan ke dalam satuan molalitas, diperoleh hubungan:

$$X_B = \frac{n_B}{n_{pelarut}} \approx \left(\frac{M_A}{1000} \right) m$$

n_B adalah mol zat terlarut; M_A adalah massa molar pelarut; m adalah molalitas larutan. Dengan demikian persamaan (1.17) dapat diubah menjadi:

$$\Delta T_d = \left(\frac{RT^2 M_A}{1000 \Delta H_v} \right) m \dots\dots\dots (1.18)$$

Suku dalam kurung terdiri atas besaran-besaran yang memiliki harga yang tetap, sehingga keseluruhannya merupakan harga tetapan untuk pelarut tertentu. Tetapan ini dikenal sebagai tetapan kenaikan titik didih molal atau tetapan *ebullioskopik* (k_d) dari suatu pelarut. Maka diperoleh:

$$k_d = \frac{RT^2 M_A}{1000 \Delta H_v} \dots\dots\dots (1.19)$$

Persamaan (1.18) dapat dinyatakan dalam bentuk lebih sederhana:

$$\Delta T_d = k_d m \dots\dots\dots (1.20)$$

Besaran k_d menunjukkan kenaikan titik didih bila konsentrasi larutan satu molal. Harga k_d bergantung pada jenis pelarut. k_d air = $0,52^\circ\text{C molal}^{-1}$, artinya suatu larutan dengan pelarut air pada konsentrasi 1 molal akan mendidih $0,52^\circ\text{C}$ lebih tinggi dari titik didih air.

Persamaan (20) dapat dimodifikasi menjadi:

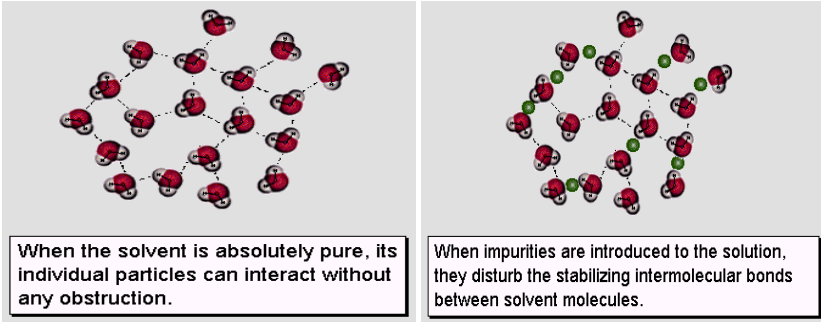
$$M_B = K_d \left(\frac{1000 w_B}{w_A \Delta T_d} \right) \dots \dots \dots (1.21)$$

M_B adalah massa molar zat terlarut, w_B adalah massa zat terlarut, sedangkan w_A adalah massa pelarut.

Penurunan Titik Beku Larutan

Setiap zat pada tekanan tertentu memiliki suhu tertentu dimana cairan dan zat padatnya berada dalam keadaan setimbang. Suhu pada keadaan tersebut disebut *titik beku*. Suhu suatu zat cair pada saat proses pembekuan berlangsung tidak berubah (konstan) karena pada titik ini tekanan zat cair sama dengan tekanan padatnya.

Menurunnya tekanan uap akibat penambahan zat terlarut yang tidak mudah menguap juga dapat menyebabkan penurunan titik beku larutan. Yang mengalami pembekuan adalah pelarutnya. Untuk membekukan larutannya maka diperlukan suhu yang lebih rendah lagi. Gejala ini terjadi karena zat terlarut tidak larut dalam fasa padat pelarut. Contohnya es murni selalu memisah ketika larutan dalam air membeku. Agar tidak terjadi pemisahan zat terlarut dan pelarut ketika membeku, maka diperlukan suhu lebih rendah lagi untuk mengubah seluruh larutan menjadi fasa padatnya. Adanya zat terlarut mengakibatkan suatu pelarut semakin sulit membeku. Karena larutan lebih tidak teratur dibandingkan pelarut sehingga lebih banyak energi yang harus diambil darinya untuk menciptakan keteraturan dibandingkan dengan titik beku pelarut murninya, sehingga titik beku larutan akan lebih rendah dibandingkan dengan titik beku pelarut murninya. Menurunnya titik beku larutan dari titik beku pelarutnya disebut *penurunan titik beku larutan*. Berikut ini model keadaan submikroskopik titik beku air murni dan larutan:



Gambar 15 Model Keadaan Submikroskopik Titik Beku Air Murni Dan Larutan

Seperti halnya kenaikan titik didih larutan, penurunan titik beku larutan dapat dirumuskan sebagai berikut:

Pada gambar 2.1, dimisalkan pada titik tripel pelarut murni mempunyai titik beku T_0 dan tekanan uap pada P_0 . Dengan adanya zat yang tidak mudah menguap yang larut, tekanan uap menurun menjadi P dan titik beku menurun menjadi T . besarnya penyimpangan atau gejala ini dapat dipahami dari hukum Raoult (untuk larutan ideal) dan hukum Henry (untuk larutan encer). Dengan menggunakan persamaan Clausius-Clapeyron, maka terhadap larutan ideal yang encer berlaku persamaan berikut:

$$\ln \frac{P}{P_0} = -\frac{\Delta H_f}{R} \left(\frac{T_0 - T}{T_0 T} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\ln \frac{P}{P_0} = -\frac{\Delta H_f}{R} \left(\frac{\Delta T}{T_0 T} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dari hukum Raoult diperoleh bahwa $P = X_A \cdot P_0 = X_A \frac{P}{P_0}$

$X_A = 1 - X_B$

maka $1 - X_B = \frac{P}{P_0}$ atau $\ln(1 - X_B) = \ln \frac{P}{P_0} \dots\dots\dots(2.3)$

Secara matematis: $\ln(1 - X_B) = -X_B - \frac{X_B^2}{2} - \frac{X_B^3}{3} \dots\dots\dots(2.4)$

Untuk larutan sangat encer maka X_B sangat kecil sehingga X_B^2 , X_B^3 dst dianggap sangat kecil sehingga bisa diabaikan. Sehingga $\ln(1 - X_B) = -X_B \dots\dots\dots(2.5)$

Substitusi persamaan (2.3) dan (2.5) ke persamaan (2.2) sehingga diperoleh:

$$X_B = \frac{\Delta H_f \Delta T}{R T_0 T} \dots\dots\dots(2.6)$$

ΔH_f adalah entalpi pembekuan, R adalah tetapan gas, dan X_B adalah fraksi mol zat terlarut. Jika nilai $\Delta T = \Delta T_b$ (penurunan titik beku, dimana subscribe b menunjukkan beku) dan nilai $T = T_0$ maka $(T_0 T) = T^2$. Substitusi nilai ini ke dalam persamaan (2.6) diperoleh persamaan (2.7):

$$\Delta T_b = \frac{RT^2}{\Delta H_f} X_B \dots\dots\dots(2.7)$$

Sementara itu, untuk larutan encer berlaku: $X_B = \frac{n_B}{n_{pelarut}}$ apabila dinyatakan ke dalam satuan molalitas, diperoleh hubungan:

$$X_B = \frac{n_B}{n_{pelarut}} \approx \left(\frac{M_A}{1000} \right) m$$

n_B adalah mol zat terlarut; M_A adalah massa molar pelarut; m adalah molalitas larutan. Sehingga persamaan (2.7) dapat diubah menjadi:

$$\Delta T_b = \left(\frac{RT^2 M_A}{1000 \Delta H_f} \right) m \dots\dots\dots(2.8)$$

Suku dalam kurung terdiri atas besaran-besaran yang memiliki harga yang tetap, sehingga keseluruhannya merupakan harga tetapan untuk pelarut tertentu. Tetapan ini dikenal sebagai tetapan penurunan titik beku molal atau tetapan *krioskopik* (k_b) dari suatu pelarut. Maka diperoleh:

$$k_b = \frac{RT^2 M_A}{1000 \Delta H_f} \dots\dots\dots(2.9)$$

Persamaan (2.8) dapat dinyatakan dalam bentuk lebih sederhana:

$$\Delta T_b = k_b m = k_b \left(\frac{1000 w_B}{w_A M_B} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

ΔT_b diperoleh dari selisih titik beku pelarut murni (T_o) dan titik beku pelarut dalam larutan (T); m merupakan besarnya molalitas larutan, M_B adalah massa molar zat terlarut, w_B adalah

massa zat terlarut, sedangkan w_A adalah massa pelarut. Besaran k_b menunjukkan penurunan titik beku bila konsentrasi larutan satu molal. Harga k_b bergantung pada jenis pelarut. Nilai k_b air adalah $1,86^\circ\text{C molal}^{-1}$. Dengan demikian, suatu larutan dengan zat terlarut tidak menguap dengan konsentrasi 1 molal akan membeku pada suhu $1,86^\circ\text{C}$ lebih rendah dari titik beku air murni.

Persamaan (2.10) dapat dimodifikasi menjadi:

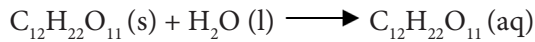
$$M_B = K_b \left(\frac{1000 w_B}{w_A \Delta T_b} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

M_B adalah massa molar zat terlarut, w_B adalah massa zat terlarut, sedangkan w_A adalah massa pelarut.

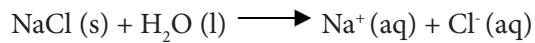
Di negara yang memiliki musim dingin, karena suhu udara dapat mencapai di bawah titik beku normal air, sehingga diperlukan zat yang dapat menurunkan titik beku air dalam radiator mobil yang disebut ‘zat anti beku’. Zat anti beku yang banyak digunakan adalah etilen glikol.

Penurunan titik beku dan kenaikan titik didih larutan elektrolit lebih besar dibandingkan larutan non elektrolit walaupun molalitas kedua larutan itu dibuat sama. Mengapa demikian?

Bila gula pasir (non elektrolit) dilarutkan ke dalam air, maka gula pasir akan terurai membentuk molekul-molekul gula. Dengan kata lain, bila satu mol gula pasir dilarutkan ke dalam air akan terdapat satu mol molekul gula pasir dalam larutan itu.



Lain halnya bila satu mol garam dapur (NaCl, elektrolit) dilarutkan ke dalam air. Garam tersebut akan terurai menjadi ion Na^+ dan ion Cl^- .



Jika satu mol garam dapur dilarutkan ke dalam air akan terbentuk satu mol ion Na^+ dan satu mol ion Cl^- atau terbentuk dua mol ion garam tersebut. Jadi untuk larutan elektrolit, sifat koligatif larutan

selalu lebih tinggi dibandingkan dengan larutan non elektrolit. Menurut perhitungan, besarnya penurunan titik beku dan kenaikan titik didih sebanding dengan jumlah mol zat terlarut. Jika satu molal gula pasir dapat meningkatkan titik didih sampai $0,52^{\circ}\text{C}$, maka untuk larutan garam dapur 1 molal kenaikan titik didihnya menjadi 2 kali $0,52^{\circ}\text{C}$ atau $1,04^{\circ}\text{C}$.

Untuk elektrolit lemah, seperti asam asetat, penurunan titik beku dan kenaikan titik didih berkisar di antara larutan elektrolit dan larutan non elektrolit, karena hanya sebagian kecil zat terlarut yang terionisasi.

Hubungan antara jumlah mol zat terlarut dan jumlah mol ionik yang terdapat dalam larutan telah dipelajari oleh Van't Hoff, hasilnya dinyatakan sebagai faktor Van't Hoff yang dilambangkan dengan (*i*). Faktor Van't Hoff (*i*) merupakan perbandingan nilai sifat koligatif yang terukur dari suatu larutan elektrolit dengan nilai sifat koligatif yang diharapkan dari suatu larutan non elektrolit untuk konsentrasi yang sama. Faktor Van't Hoff dirumuskan sebagai:

$$i = \frac{\text{nilai sifat koligatif yang terukur}}{\text{nilai sifat koligatif yang diharapkan}}$$

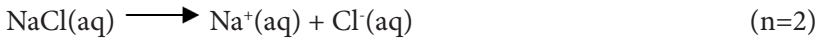
Nilai *i* beberapa senyawa elektrolit dalam berbagai konsentrasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7 Faktor Van't Hoff Beberapa Senyawa dalam Berbagai Konsentrasi

Kemolalan	NaCl	MgSO ₄	Pb(NO ₃) ₂
Pengenceran tak berhingga	2,00	2,00	3,00
0,001	1,97	1,82	2,89
0,01	1,94	1,53	2,63
0,1	1,87	1,21	2,23
1,0	1,81	1,09	1,13

Berdasarkan data di atas diperoleh bahwa, *pertama* nilai *ii* makin besar bila larutan makin encer sehingga nilainya maksimum pada encer tak hingga. *Kedua*, nilai maksimum itu merupakan bilangan

bulat dan sama dengan jumlah ion yang dikandung oleh senyawa itu (n).



Kesimpulan, bila larutan encer tak hingga:

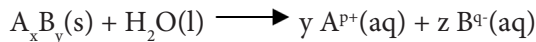
$$i = n$$

Nilai i makin besar bila diencerkan karena pengionan atau derajat disosiasi bertambah besar.

$$\text{Derajat disosiasi } (\alpha) = \frac{\text{jumlah mol yang terionisasi}}{\text{jumlah mol mula-mula}}$$

Untuk mencari hubungan antara i , n dan α dapat dilihat pada uraian berikut ini.

Misalkan jumlah mol A_xB_y mula-mula x mol dan derajat disosiasi = α . Ionisasi dalam air dan konsentrasi partikelnya adalah:



Mula-mula	x mol	-	-
Bereaksi	$x\alpha$ mol		
Setimbang	$x - x\alpha = x(1-\alpha)$ mol	$y x\alpha$ mol	$z x\alpha$ mol

Maka pada saat kesetimbangan jumlah partikel dalam larutan merupakan penjumlahan dari A_xB_y yang masih ada (tidak terionisasi) dan A^{p+} dan B^{q-} yang terbentuk.

$$\begin{aligned} \text{mol}_{\text{total}} &= (A_xB_y) + (A^{p+}) + (B^{q-}) \\ &= \{x(1-\alpha) + yx\alpha + zx\alpha\} \text{mol} \\ &= \{x - x\alpha + yx\alpha + zx\alpha\} \text{mol} \\ &= \{x - x\alpha + x\alpha(y+z)\} \text{mol} \quad (y + z = n) \\ &= \{x - x\alpha + x\alpha n\} \text{mol} \\ &= \{x(1 - \alpha + \alpha n)\} \text{mol} \\ &= x \{1 + \alpha(n - 1)\} \text{mol} \end{aligned}$$

Jika volume larutan tidak berubah maka molalitas partikel dalam larutan dan nilai faktor Van't Hoff adalah sebagai berikut:

$$i = \frac{\text{nilai sifat koligatif yang terukur}}{\text{nilai sifat koligatif yang diharapkan}} = \frac{\Delta T_{d_{\text{terukur}}}}{\Delta T_{d_{\text{diharapkan}}}}$$

$$= \frac{m_{\text{total}} K_d}{m K_d} = \frac{m_{\text{total}}}{m} = \frac{x \{ 1 + \alpha (n - 1) \}}{x}$$

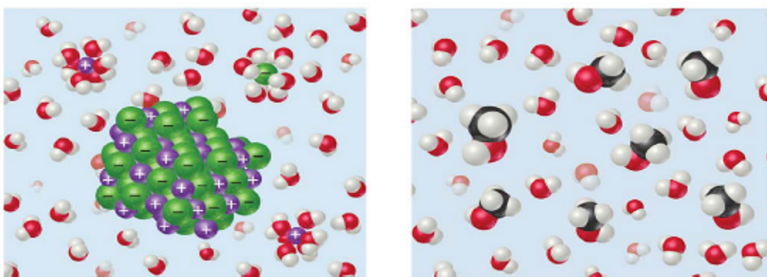
$$i = \{ 1 + \alpha (n - 1) \}$$

n adalah jumlah partikel dalam larutan setelah penguraian dan α adalah derajat disosiasi atau derajat ionisasi.

Faktor Van't Hoff berlaku untuk semua sifat koligatif larutan. Untuk kenaikan titik didih larutan dan penurunan titik beku larutan maka dapat dirumuskan sebagai berikut: $\Delta T_d = k_d m i$

$$\Delta T_b = k_b m i$$

Dengan ΔT_d merupakan kenaikan titik didih larutan ($^{\circ}\text{C}$); ΔT_b merupakan penurunan titik beku larutan ($^{\circ}\text{C}$); k_d adalah tetapan kenaikan titik didih molal; k_b adalah tetapan penurunan titik beku molal; m menunjukkan molalitas larutan (molal) dan i adalah faktor Van't Hoff. Berikut ini model keadaan submikroskopik suatu larutan non elektrolit dan larutan elektrolit:



a) Larutan NaCl 0,1 M

b) Larutan methanol 0,1 M

Gambar 16 Model Keadaan Submikroskopik Larutan NaCl 0,1 M dan Larutan Metanol 0,1

Hasil Penelitian terhadap Hasil Belajar Calon Guru Kimia pada Level Makroskopik, Submikroskopik, dan Simbolik pada Materi Kenaikan Titik Didih Larutan dan Penurunan Titik Beku Larutan

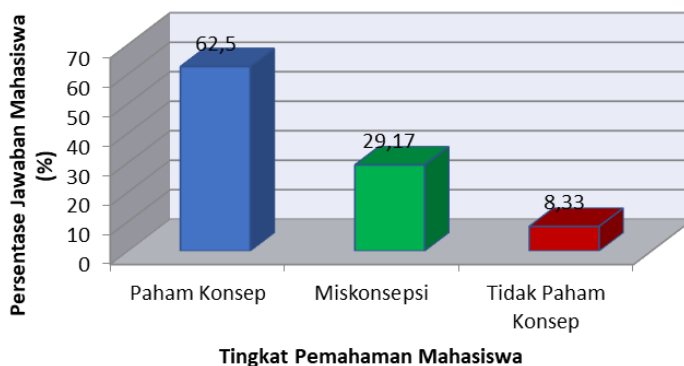
Sifat koligatif larutan merupakan salah satu topik kimia yang sangat sulit untuk dipahami peserta didik karena definisi operasional konsep-konsep tersebut membutuhkan penalaran (Pinarbasi *et.al*, 2009). Oleh karena itu, seorang guru kimia dituntut untuk terampil dalam mengemas suatu pembelajaran kimia khususnya pada materi sifat koligatif larutan yang dapat meningkatkan pemahaman peserta didik pada ketiga level tersebut. Disisi lain, pengalaman seorang guru kimia sangat dipengaruhi oleh pengalamannya ketika menjadi seorang mahasiswa di perguruan tinggi (*preservice education*). Penulis telah melakukan penelitian terhadap hasil belajar calon guru kimia pada level makroskopik, mikroskopik dan simbolik pada pembelajaran sifat koligatif larutan. Hasil penelitian yang diperoleh merupakan informasi awal yang diperlukan bagi lembaga pencetak tenaga pengajar (LPTK) untuk menghasilkan calon-calon guru kimia yang professional.

1. Hasil Belajar Level Makroskopik Calon Guru Kimia Pada Pembelajaran Sifat Koligatif Larutan

Pengelompokkan tingkat pemahamana mahasiswa berdasarkan hasil analisis jawaban mahasiswa pada level makroskopik untuk setiap konsep diuraikan berikut ini:

a. Titik Didih

Soal yang mengukur kemampuan representasi kimia mengenai fenomena titik didih berjumlah satu buah soal pilihan ganda. Berikut ini grafik tingkat pemahaman mahasiswa calon guru kimia pada level ini:

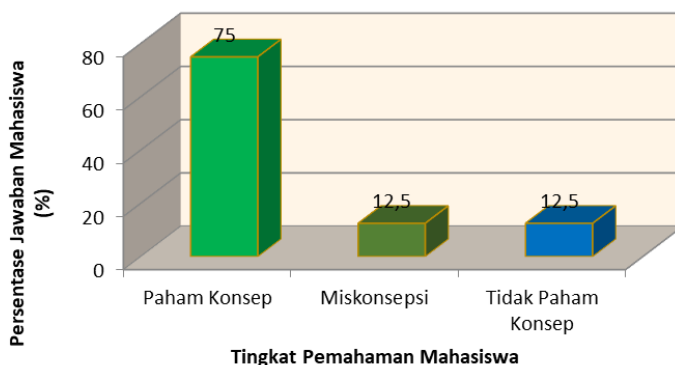


Gambar 17 Grafik Tingkat Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Makroskopik Pada Konsep Titik Didih

Berdasarkan Gambar 17 diperoleh data bahwa 62,5% (sebagian besar) mahasiswa memahami fenomena titik didih pada level makroskopik dengan baik. Mahasiswa memahami fenomena titik didih yang terdapat pada soal melalui pengamatan sebuah grafik hubungan waktu (t) dengan suhu larutan glukosa ($^{\circ}\text{C}$) ketika dipanaskan. Sebagian besar mahasiswa memilih jawaban bahwa titik didih adalah suhu yang tetap konstan dari cairan mendidih. Disisi lain, terlihat pada gambar 17 bahwa hampir separuh mahasiswa (29,17%) mengalami miskonsepsi. Miskonsepsi yang terjadi yaitu (1) mahasiswa mendefinisikan konsep titik didih adalah suhu zat cair ketika timbul gelembung-gelembung gas. (2) titik didih adalah suhu ketika zat cair berubah menjadi gas. Selain itu diperoleh pula sebagian kecil mahasiswa (8,33%) tidak memahami fenomena titik didih yang terdapat pada grafik.

b. Kenaikan Titik Didih Larutan

Soal yang mengukur kemampuan representasi kimia mengenai fenomena kenaikan titik didih larutan berjumlah satu buah soal pilihan ganda. Berikut ini grafik tingkat pemahaman mahasiswa calon guru kimia pada level ini:



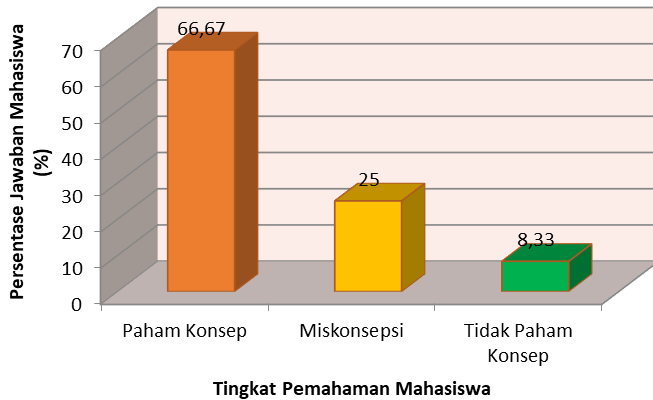
Gambar 18 Grafik Tingkat Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Makroskopik Pada Konsep Kenaikan Titik Didih Larutan

Data yang diperoleh dari gambar 18 menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa (75%) memahami konsep dan sebagian kecil mahasiswa (12,5%) mengalami miskonsepsi dan tidak faham fenomena kenaikan titik didih larutan. Pada soal dideskripsikan peristiwa atau fenomena kenaikan titik didih larutan melalui percobaan yang dilakukan seorang mahasiswa untuk mengukur titik didih air dan larutan urea 0,1 molal. Dengan menggunakan termometer mahasiswa tersebut memperoleh titik didih dari kedua zat tersebut. Hasil pengukuran yang dilakukan mahasiswa tersebut adalah titik didih larutan urea 0,1 molal lebih tinggi daripada titik didih air. Hal ini menunjukkan telah terjadi fenomena kenaikan titik didih larutan apabila pada suatu pelarut ditambahkan zat terlarut dan larutan yang diperoleh dididihkan. Hasil analisis lanjut terhadap jawaban mahasiswa diperoleh sebagian besar mahasiswa dapat mendefinisikan fenomena kenaikan titik didih larutan sebagai meningkatnya titik didih larutan dari titik didih pelarutnya. Namun demikian, dijumpai pula mahasiswa yang mengalami miskonsepsi. Miskonsepsi yang terjadi adalah (1) mahasiswa mendefinisikan kenaikan titik

didih larutan sebagai meningkatnya titik didih pelarut dari titik didih larutannya; (2) meningkatnya titik didih larutan sebesar $98,1^{\circ}\text{C}$.

c. Titik Beku

Soal yang mengukur kemampuan representasi kimia mengenai fenomena titik beku berjumlah satu buah soal pilihan ganda. Berikut ini grafik tingkat pemahaman mahasiswacalon guru kimia pada level ini:



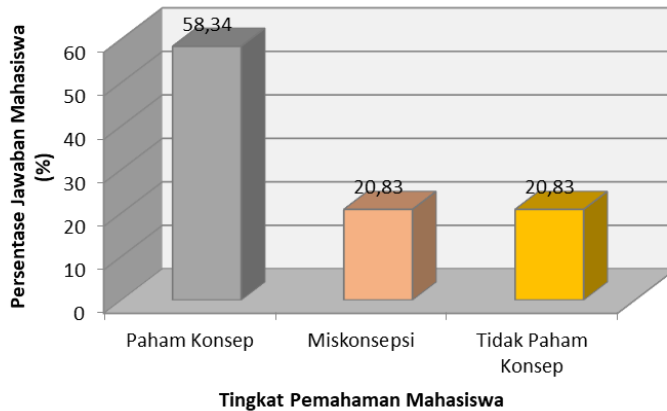
Gambar 19 Grafik Tingkat Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Makroskopik Pada Konsep Titik Beku

Berdasarkan Gambar 19 diperoleh bahwa sebagian besar mahasiswa (66,67%) memahami konsep, sebagian kecil mahasiswa (25%) mengalami miskonsepsi dan juga sebagian kecil mahasiswa (8,33%) tidak paham fenomena titik beku yang digambarkan melalui pengamatan grafik proses pembekuan naftalen dalam kapur barus. Sebagian besar mahasiswa memahami fenomena titik beku yaitu suhu zat cair selama proses pembekuan berlangsung tidak berubah (konstan). Namun dijumpai beberapa miskonsepsi yaitu (1) mahasiswa mendefinisikan fenomena titik beku sebagai suhu ketika pelarut dan zat terlarut membeku pada $77,8^{\circ}\text{C}$; (2) suhu ketika zat terlarut dan pelarut berubah menjadi padat;

(3) suhu ketika sebuah zat cair berubah menjadi padat; (4) suhu zat cair ketika mulai membeku.

d. Penurunan Titik Beku Larutan

Soal yang mengukur kemampuan representasi kimia mengenai fenomena penurunan titik beku larutan berjumlah satu buah soal pilihan ganda. Berikut ini grafik tingkat pemahaman mahasiswacalon guru kimia pada level ini:



Gambar 20 Grafik Tingkat Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Makroskopik Pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan

Dari Gambar 20 diperoleh bahwa sebagian besar mahasiswa (58,34%) memahami konsep, dan sebagian kecil mahasiswa (20,83%) mengalami miskonsepsi dan tidak memahami fenomena penurunan titik beku larutan. Fenomena penurunan titik beku larutan pada soal dideskripsikan dengan percobaan yang dilakukan seorang mahasiswa untuk mengukur titik beku naftalen murni dan kapur barus. Berdasarkan percobaannya diperoleh data titik beku kedua zat tersebut. Dari fenomena yang ada, sebagian besar mahasiswa mampu mendefinisikan fenomena penurunan titik beku sebagai menurunnya titik beku larutan dari titik beku pelarutnya. Namun masih dijumpai

mahasiswa yang tidak paham konsep dan mengalami miskonsepsi. Miskonsepsi yang terjadi adalah sebagai berikut: (1) mahasiswa mendefinisikan penurunan titik beku larutan sebagai menurunnya titik beku pelarut dari titik beku larutannya; (2) menurunnya suhu larutan ketika membeku; (3) menurunnya suhu larutan saat membeku sebesar $79,20^{\circ}\text{C}$.

Hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran sifat koligatif larutan khususnya kenaikan titik didih larutan dan penurunan titik beku larutan pada mata kuliah Kimia Dasar II menggunakan metode ceramah, tanya jawab, diskusi dan presentasi hasil diskusi kelompok. Berdasarkan data penelitian diperoleh rata-rata persentase mahasiswa yang memahami konsep ini pada level makroskopik sebesar 65,63%, artinya sebagian besar mahasiswa memahami konsep ini. Disisi lain, diperoleh rata-rata persentase mahasiswa yang mengalami miskonsepsi sebesar 21,88%, artinya sebagian kecil mahasiswa mengalami miskonsepsi dan 12,49% mahasiswa yang tidak memahami konsep ini. Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa persentase mahasiswa calon guru kimia yang memahami konsep kenaikan titik didih larutan dan penurunan titik beku larutan lebih tinggi bila dibandingkan kriteria pemahaman lainnya. Masih dijumpainya mahasiswa yang mengalami miskonsepsi dan tidak paham konsep dimungkinkan disebabkan oleh tidak dilakukan praktikum pada materi ini. Akibatnya pemahaman mahasiswa terhadap materi kimia yang dipelajari tidak utuh dan tidak maksimal.

Gejala-gejala atau fenomena yang terjadi pada level makroskopik merupakan suatu bagian dari pemahaman representasi pemahaman kimia yang bersifat konkret atau nyata. Pemahaman pada level ini tidak diperlukan daya khayal yang tinggi, cukup dengan perolehan pengetahuan fenomena

atau peristiwa dan proses yang terjadi melalui pengamatan oleh panca indera, seperti penglihatan perubahan suhu dan penciuman bau. Pemahaman secara langsung terhadap fenomena level makroskopik dapat diperoleh melalui demonstrasi atau percobaan, sehingga metode pembelajaran yang dapat mengakomodasi pemahaman mahasiswa pada level ini adalah metode eksperimen. Pemahaman pada level makroskopik merupakan pemahaman dasar mahasiswa yang akan mendukung pemahaman pada level selanjutnya. Metode eksperimen merupakan salah satu bagian dari teori belajar penemuan yang diungkapkan oleh Bruner dalam Dahar (1996) yaitu pengetahuan yang diperoleh sendiri melalui belajar penemuan (salah satunya dengan metode eksperimen). Metode ini dapat meningkatkan penalaran dan kemampuan berpikir secara bebas bagi mahasiswa. Oleh karena itu metode eksperimen sangat mendukung pemahaman mahasiswa pada level makroskopik. Akibatnya, jika pembelajaran pada topik ini tidak didukung metode eksperimen maka hasil belajar mahasiswa yang diperoleh tidak maksimal. Mahasiswa tidak mendapat pengalaman belajar langsung dari percobaan. Tanpa didukung pengalaman belajar langsung melalui pengamatan percobaan, maka mahasiswa akan merasa kesulitan untuk membayangkan fenomena-fenomena yang terjadi dan dapat diamati dari percobaan.

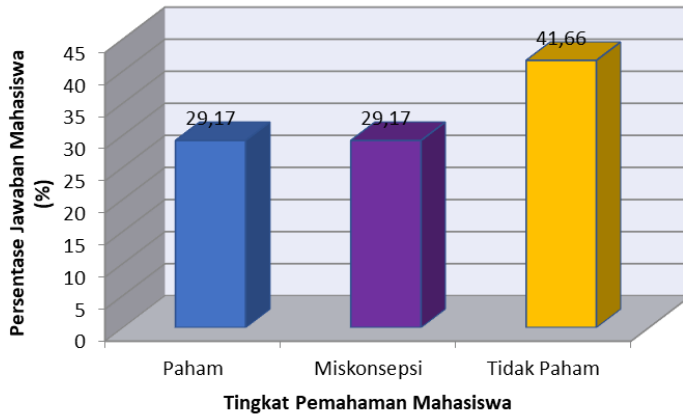
2. Hasil Belajar Level Submikroskopik Calon Guru Kimia Pada Pembelajaran Sifat Koligatif Larutan

Berikut ini diuraikan pengelompokan tingkat pemahaman mahasiswa berdasarkan hasil analisis jawaban mahasiswa pada level submikroskopik untuk setiap konsep:

a. Kenaikan Titik Didih Larutan

Soal yang mengukur kemampuan representasi kimia mengenai fenomena kenaikan titik didih larutan berjumlah

satu buah soal uraian. Berikut ini grafik tingkat pemahaman mahasiswa calon guru kimia pada level ini:

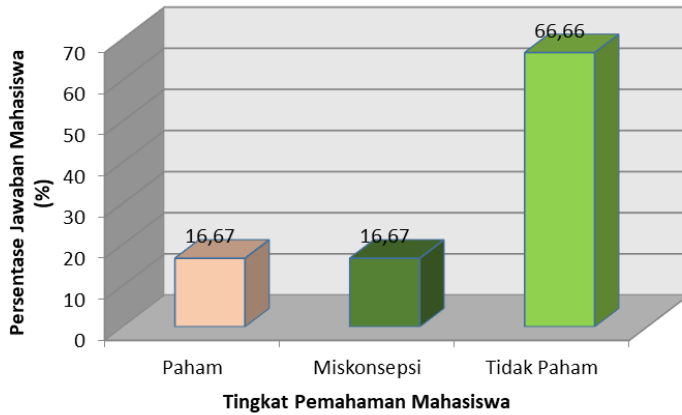


Gambar 21 Grafik Tingkat Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Submikroskopik Pada Konsep Kenaikan Titik Didih Larutan

Berdasarkan Gambar 21 diperoleh bahwa persentase mahasiswa yang paham konsep dan mengalami miskonsepsi terhadap fenomena kenaikan titik didih larutan pada level submikroskopik yaitu sebesar 29,17%. Sedangkan persentase mahasiswa yang tidak paham konsep menduduki peringkat yang tertinggi yaitu sebesar 41,66%. Hanya sedikit mahasiswa yang mampu mendeskripsikan dan menggambar fenomena kenaikan titik didih larutan dalam skala partikel. Selain itu, dari jawaban mahasiswa, teridentifikasi beberapa miskonsepsi pada konsep ini yaitu (1) mahasiswa mendeskripsikan bahwa konsentrasi pelarut murni lebih besar dibandingkan konsentrasi larutan; (2) pada saat mendidih pelarut dan zat terlarut sama-sama mendidih; (3) dalam skala partikel gula mengikat air; (4) gula terurai ketika mendidih.

b. Penurunan Titik Beku Larutan

Soal yang mengukur kemampuan representasi kimia mengenai fenomena penurunan titik beku larutan berjumlah satu buah soal uraian. Berikut ini grafik tingkat pemahaman mahasiswa calon guru kimia pada level ini:



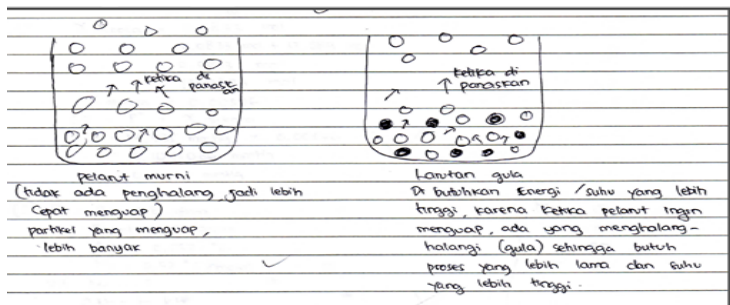
Gambar 22 Grafik Tingkat Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Submikroskopik Pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan

Gambar 22 menunjukkan bahwa persentase mahasiswayang memahami konsep dan yang mengalami miskonsepsi sama besar yaitu 16,67%. Sedangkan persentase mahasiswa yang tidak paham konsep lebih banyak yaitu sebesar 66,66%. Pada konsep penurunan titik beku larutan ini juga teridentifikasi miskonsepsi mahasiswa yaitu: (1) larutan lebih cepat membeku bila dibandingkan pelarutnya; (2) ketika membeku ukuran partikel-partikel larutan akan berubah; (3) larutan yang membeku pada saat mencapai titik beku.

Berdasarkan data yang diperoleh di atas, secara keseluruhan dapat dikatakan lebih banyak mahasiswa calon guru kimia (rata-rata 54,16%) yang tidak mampu memberikan penjelasan submikroskopik baik secara tulisan

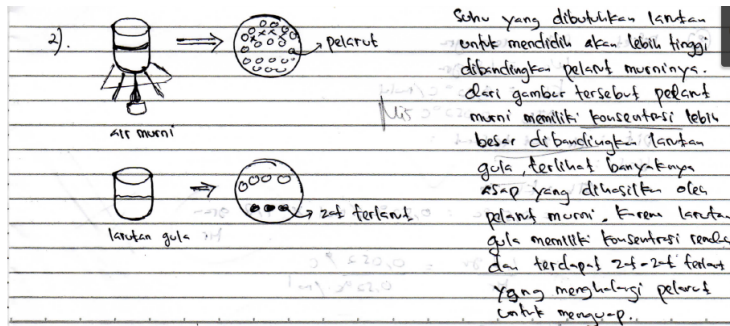
maupun gambar. Persentase rata-rata mahasiswa yang paham dan mengalami miskonsepsi pada level submikroskopik masing-masing sebesar 22,92%.

Penjelasan pada level submikroskopik merupakan representasi dari fakta yang diperoleh pada level makroskopik. Pemahaman level ini menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan karena melibatkan konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak. Hal ini disebabkan karena perkuliahan pada topik ini tidak disajikan pada level submikroskopik. Umumnya, pengajar jarang memvisualisasikan penjelasan submikroskopik mengenai fenomena-fenomena sifat koligatif larutan dengan bantuan media baik berupa animasi maupun gambar model susunan partikel. Akibatnya penjelasan submikroskopik yang disampaikan pengajar hanya verbal saja masih mengandung konsep-konsep abstrak bagi yang diajar dan akan menambah kesulitan dalam memahami konsep ini. Namun demikian, ada beberapa mahasiswa yang mampu menjelaskan fenomena-fenomena kenaikan titik didih larutan dan penurunan titik beku larutan pada level submikroskopik. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut ini:



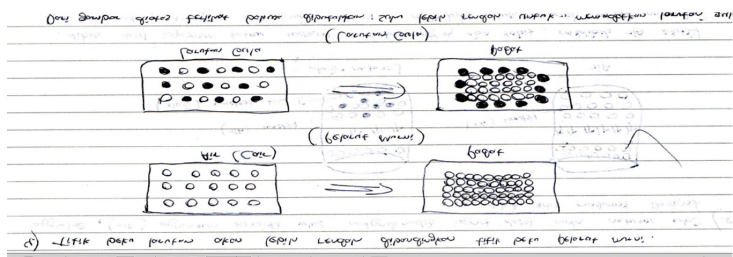
Gambar 23 Salah Satu Contoh Jawaban yang Benar dari Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Submikroskopik Pada Konsep Kenaikan Titik Didih Larutan

Berdasarkan gambar di atas, mahasiswa tersebut dapat menggambar fenomena mendidih dari suatu pelarut murni (air) dan larutan gula, meskipun deskripsi terkait fenomena yang ada tidak lengkap. Mahasiswa tidak menjelaskan hubungan tekanan dengan suhu terkait dengan fenomena mendidih (persamaan Clausius-Clayperon). Selain itu dijumpai pula mahasiswayang mengalami miskonsepsi, seperti yang terlihat pada gambar berikut ini:



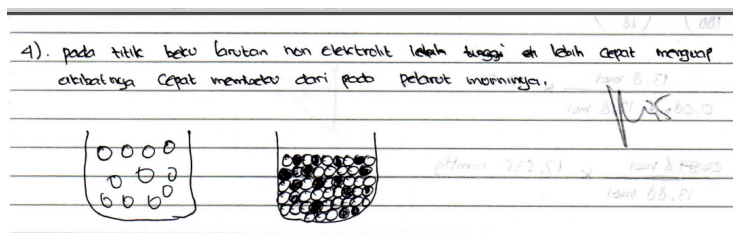
Gambar 24 Salah Satu Contoh Jawaban dari Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Submikroskopik yang mengalami miskonsepsi Pada Konsep Kenaikan Titik Didih Larutan

Berdasarkan jawaban mahasiswa pada gambar di atas, diidentifikasi miskonsepsi mahasiswa yaitu mahasiswa menuliskan bahwa konsentrasi pelarut lebih besar daripada larutannya. Konsep yang sebenarnya bahwa pelarut bersifat netral. Mahasiswa juga menggambarkan bahwa pada proses mendidih terlihat asap. Mahasiswa tersebut tidak mampu menjelaskan fenomena kenaikan titik didih larutan melalui gambar. Berikut ini jawaban mahasiswa yang benar berkaitan dengan fenomena penurunan titik beku larutan:



Gambar 25 Salah Satu Contoh Jawaban yang Benar dari Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Submikroskopik Pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan

Berdasarkan gambar di atas, mahasiswa tersebut dapat menjelaskan fenomena membeku dari suatu pelarut (air) dan larutan gula. Namun di sisi lain diperoleh miskonsepsi yang terjadi mahasiswa yang dapat dilihat pada gambar berikut ini:



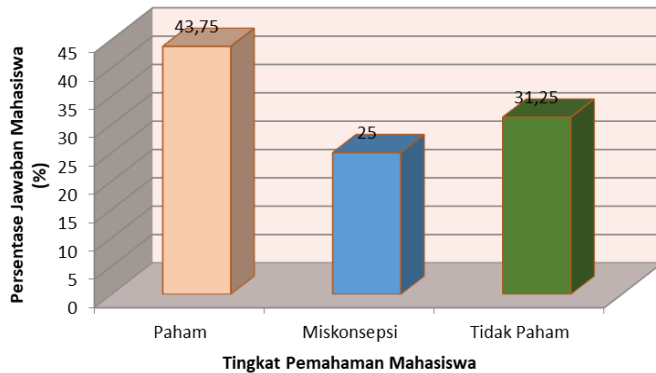
Gambar 26 Salah Satu Contoh Jawaban dari Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Submikroskopik yang mengalami miskonsepsi Pada Konsep Penurunan Titik Beku Larutan

Berdasarkan gambar di atas, mahasiswa calon guru tersebut tidak dapat menggambarkan fenomena membeku pada suatu pelarut (air) dan larutan. Mahasiswa tersebut mengalami miskonsepsi dengan mendeskripsikan bahwa pada titik beku larutan non elektrolit lebih cepat menguap akibatnya cepat membeku daripada pelarutnya. Konsep sebenarnya adalah tidak ada pengaruh sifat menguap suatu zat terlarut yang ditambahkan pada suatu pelarut terhadap titik beku suatu larutan. Berbeda dengan titik didih larutan

yang sangat dipengaruhi oleh sifat menguap atau tidaknya suatu zat. Pada fenomena membeku terjadi perubahan dari fasa cair menjadi fasa padat. Titik beku larutan lebih rendah dibanding larutannya. Hal ini disebabkan karena partikel zat terlarut menghambat partikel pelarut untuk membentuk fasa padat yang teratur. Agar semua partikel pelarut membentuk fasa padat yang teratur maka suhu harus diturunkan dan akan terjadi kesetimbangan kembali antara jumlah partikel pelarut yang membentuk fasa cair. Ketika terjadi pembekuan larutan, hanya partikel pelarut yang membeku menjadi padatan sedangkan partikel zat terlarut tidak ikut membeku bersama partikel pelarut. Pada temperatur ini, kedua fasa yaitu fasa cair dan fasa padatnya berada dalam kesetimbangan.

Penalaran yang tidak lengkap dan salah dapat menyebabkan miskonsepsi (Suparno, 2005). Hal ini disebabkan karena konsep yang diperolehnya tidak utuh dan kemampuan nalar mahasiswayang bersifat parsial. Dengan demikian, secara keseluruhan pemahaman mahasiswayang utuh pada level submikroskopik harus didukung proses perkuliahan yang dialaminya. Selain itu, buku teks yang digunakan harus menyediakan penjelasan pada level ini agar mempermudah pemahaman mahasiswa.

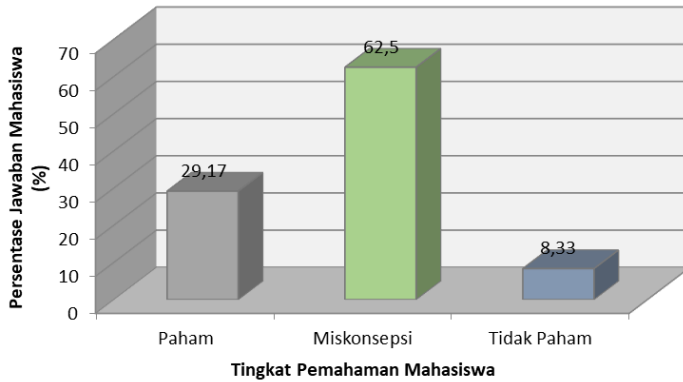
3. Hasil Belajar Level Simbolik Calon Guru Kimia Pada Pembelajaran Sifat Koligatif Larutan
 - a. Hubungan molalitas dengan Kenaikan Titik Didih Larutan
Soal yang mengukur kemampuan representasi kimia mengenai hubungan molalitas dengan kenaikan titik didih larutan berjumlah satu buah soal pilihan ganda beralasan dan satu buah soal uraian. Berikut ini grafik tingkat pemahaman mahasiswa calon guru kimia pada level ini:



Gambar 27 Grafik Tingkat Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Simbolik Pada Konsep Hubungan Molalitas dengan Kenaikan Titik Didih Larutan

Dari Gambar 27 diperoleh bahwa 43,75% mahasiswa memahami konsep, dan 25% mahasiswa mengalami miskonsepsi dan 31,25% mahasiswa tidak memahami konsep hubungan molalitas dengan kenaikan titik didih larutan. Miskonsepsi yang terjadi pada konsep ini adalah (1) mahasiswa menerjemahkan molalitas sama dengan molaritas; (2) salah merumuskan kenaikan titik didih larutan.

- b. Hubungan molalitas dengan Penurunan Titik Beku Larutan
Soal yang mengukur kemampuan representasi kimia mengenai hubungan molalitas dengan penurunan titik beku larutan berjumlah dua buah soal pilihan ganda beralasan. Berikut ini grafik tingkat pemahaman mahasiswa calon guru kimia pada level ini:



Gambar 28 Grafik Tingkat Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Kimia Level Simbolik Pada Konsep Hubungan Molalitas dengan Penurunan Titik Beku Larutan

Berdasarkan Gambar 28 diperoleh bahwa sebagian besar mahasiswa (62,5%) mengalami miskonsepsi, hampir separuh mahasiswa (29,17%) yang memahami konsep dan sebagian kecil mahasiswa (8,33%) tidak paham konsep. Miskonsepsi yang terjadi pada mahasiswa yaitu: (1) mahasiswa menerjemahkan penurunan titik beku larutan sama dengan titik beku larutan; (2) salah menentukan nilai faktor Van't Hoff dari suatu larutan; (3) menerjemahkan $n=i$.

Materi sifat koligatif larutan khususnya kenaikan titik didih larutan dan penurunan titik beku larutan banyak menggunakan simbol-simbol, rumus dan penurunannya juga menggunakan perhitungan rumus. Berdasarkan data pemahaman mahasiswa pada level simbolik, besarnya persentase mahasiswa yang mampu mengaplikasikan konsep dalam bentuk hitungan tidak terlalu tinggi bila dibandingkan tingkat pemahaman lainnya. Justru dijumpai tingginya miskonsepsi pada level ini (khusus konsep hubungan molalitas dengan penurunan titik beku larutan). Rata-rata persentase pemahaman mahasiswa pada level simbolik yaitu 46,46% mahasiswa yang paham konsep; 43,75% mahasiswa

yang mengalami miskonsepsi dan 9,79% mahasiswa yang tidak paham konsep. Hal ini dimungkinkan dipengaruhi oleh kemampuan dasar mahasiswa tersebut khususnya kemampuan menggunakan persamaan matematis dalam menyelesaikan soal kimia berupa perhitungan dan rendahnya daya nalar mahasiswa. Kemampuan dasar mahasiswa dapat berdampak pada kemampuan mahasiswa menghafal terhadap rumus-rumus, kemampuan menurunkan rumus-rumus, pengetahuan terhadap simbol-simbol yang digunakan, ketelitian dalam memasukkan angka-angka ke dalam rumus perhitungan dan kemampuan matematis. Selain itu, kemampuan level simbolik mahasiswa juga dapat ditingkatkan dengan merancang perkuliahan yang lebih banyak memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk berlatih mengerjakan soal-soal hitungan. Pemahaman pada level ini juga tidak terlepas pada pemahaman mahasiswa pada level makroskopik dan level submikroskopik.

Berdasarkan uraian di atas, secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa proses pembelajaran kimia perlu dikemas dengan menghubungkan ketiga level representase kimia khususnya pada materi kenaikan titik didih larutan dan penurunan titik beku larutan. Keberimbangan penekanan pada ketiga level ini juga sangat penting agar diperoleh pemahaman mahasiswa yang utuh pada materi ini (mengkonstruksi model mental mahasiswa sehingga menghasilkan pemahaman yang utuh).



BAB V

MODEL MENTAL PADA MATERI KELARUTAN DAN HASIL KALI KELARUTAN

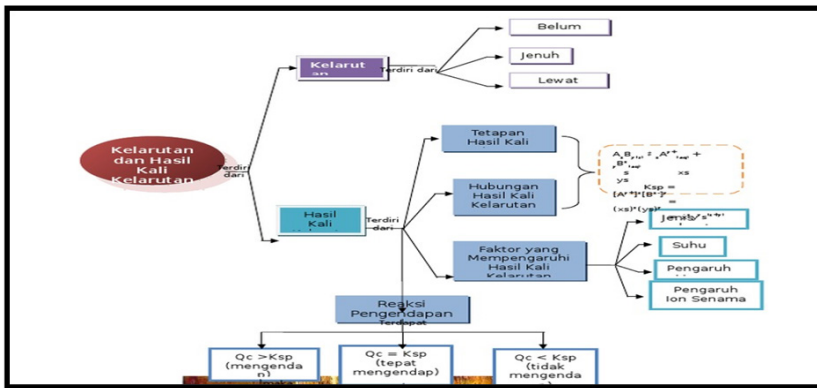
Salah satu materi yang dipelajari peserta didik SMA adalah kelarutan dan hasil kali kelarutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karena materi ini bersifat konseptual dan algoritma, kelarutan dan hasil kali kelarutan merupakan topik yang menantang (Devetak, Vogrinc, & Glazar, 2009). Dalam materi kelarutan dan hasil kali kelarutan, konsep seperti kelarutan, larutan belum jenuh, larutan jenuh, larutan lewat jenuh, dan kesetimbangan kelarutan adalah contoh. Konsep-konsep ini dapat dijelaskan melalui representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik untuk membentuk model mental peserta didik yang holistik. Peserta didik yang berhasil menyelesaikan permasalahan matematis tentang materi kesetimbangan kelarutan belum tentu memahami konsep tersebut (Raviolo, 2001).

Hasil penelitian tentang kelarutan dan hasil kali kelarutan menunjukkan bahwa model mental peserta didik tidak lengkap (*incomplete*) (Rahmi et al., 2017). Beberapa hasil penelitian tentang pembelajaran kelarutan dan hasil kali kelarutan yang menggunakan beberapa model pembelajaran atau strategi pembelajaran, diantaranya pembelajaran berbasis masalah (Husni, Rasmiwetti, Abdullah,

2018), pembelajaran berbasis masalah dengan mengintegrasikan macromedia (Sary & Sutiani, 2017), pembelajaran inkuiri (Puspitasari & Nasrudin, 2012), dan strategi pembelajaran langsung (Pongkendek, Parlindungan, & Sumanik, 2019) yang hasilnya menunjukkan terjadi peningkatan hasil belajar peserta didik. Hasil penelitian lainnya tentang miskonsepsi peserta didik pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan menunjukkan telah terjadi miskonsepsi peserta didik tentang konsep kelarutan (5,27%), Ksp (7,339%), efek ion senama (2,025%), pengaruh pH terhadap kelarutan (4,597%), Ksp dan proses reaksi pengendapan (9,870%) (Alawiyah, Susilaningih, & Sulistyaningsih, 2018). Penelitian tentang pengembangan modul berbasis inkuiri terbimbing pada materi ini (Juniar, Manalu, & Masteriana, 2017) menunjukkan hasil dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Berdasarkan analisis hasil-hasil penelitian sebelumnya, belum dijumpai penelitian yang menganalisis konsepsi alternatif peserta didik pada materi kelarutan dan hasil kelarutan dengan instrumen tes yang mengaitkan level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Konsepsi alternatif adalah konsepsi seseorang tentang suatu konsep yang tidak sesuai dengan konsep para ahli. Hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran dan instrumen penilaian hasil belajar peserta didik pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan di suatu SMA di Jayapura lebih berfokus pada simbolik yaitu perhitungan kelarutan (s) suatu zat, tetapan kesetimbangan kelarutan (Ksp), kelarutan suatu zat akibat penambahan ion senama, dan prediksi campuran yang menghasilkan endapan. Peserta didik cenderung menghafal rumus dibandingkan dengan memahami konsep.

Analisis Konsep-konsep Esensial dan Hasil Penelitian Konsepsi Alternatif Peserta Didik pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Konsep-konsep esensial pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan digambarkan dalam bentuk peta konsep yang disajikan pada Gambar 4.1. konsep-konsep esensial tersebut adalah kelarutan, larutan belum jenuh, larutan jenuh, larutan lewat jenuh, kesetimbangan kelarutan, tetapan hasil kali kelarutan, hubungan hasil kali kelarutan, faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kali kelarutan (jenis, suhu, ion senama), dan reaksi pengendapan ($Q_c > K_{sp}$; $Q_c = K_{sp}$; $Q_c < K_{sp}$).

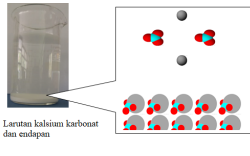



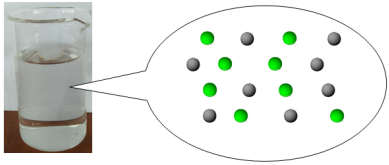




Gambar 29 Peta Konsep Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Analisis konsepsi alternatif peserta didik kelas XI di salah satu SMA di Jayapura pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan pada penelitian ini hanya difokuskan pada enam konsep dasar yaitu kelarutan, pengaruh suhu terhadap kelarutan, larutan belum jenuh, larutan jenuh, larutan lewat jenuh, dan kesetimbangan kelarutan. Instrumen soal yang dibuat untuk menganalisis konsepsi alternatif peserta didik disusun dengan mengaitkan fenomena makroskopik, yang dijelaskan dengan menggunakan representasi submikroskopik, dan simbolik. Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang konsep kelarutan beserta konsepsi ilmiahnya

yang mengintegrasikan ketiga level representasi disajikan pada Tabel berikut.

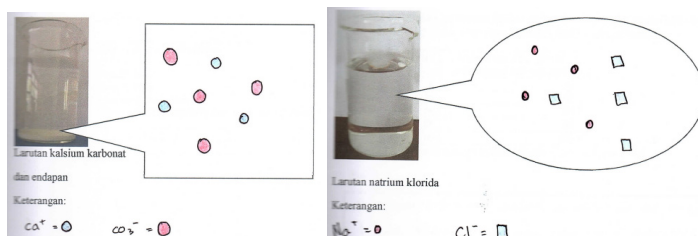
Tabel 8 Konsepsi Ilmiah dan Konsepsi Alternatif Peserta Didik tentang Partikel-partikel yang ada di dalam campuran natrium klorida dan air serta campuran kalsium karbonat dan air sebagai penjelasan dari fenomena hasil pencampuran

Konsepsi Ilmiah
<p>Sejumlah tertentu padatan NaCl saat dilarutkan ke dalam air pada volume tertentu akan terionisasi menjadi ion-ion Na⁺ dan ion-ion Cl⁻. Ion Na⁺ dan ion Cl⁻ masing-masing akan dikelilingi oleh molekul-molekul air. Sejumlah tertentu padatan CaCO₃ ketika dilarutkan dalam air pada volume tertentu akan terionisasi menjadi ion Ca²⁺ dan CO₃²⁻. Ion Ca²⁺ dan ion CO₃²⁻ masing-masing akan dikelilingi oleh molekul-molekul air. NaCl dapat larut semua menunjukkan jumlah ion-ion Na⁺ dan Cl⁻ lebih banyak dalam larutan bila dibandingkan dengan jumlah ion-ion Ca²⁺ dan CO₃²⁻ (Catatan: jumlah padatan NaCl dan CaCO₃ yang dilarutkan pada sejumlah tertentu air adalah sama). CaCO₃ merupakan garam yang sukar larut sehingga kelarutannya terbatas. Di dalam campuran CaCO₃ dan air terdapat ion-ion Ca²⁺, CO₃²⁻, molekul H₂O, dan endapan CaCO₃. Tautan ketiga level representasi:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Larutan kalsium karbonat dan endapan</p> <p>Keterangan:  = Ion CO₃²⁻  = Padatan CaCO₃  = Ion Ca²⁺</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Larutan natrium klorida</p> <p>Keterangan:  = Ion Cl⁻  = Ion Na⁺</p> </div> </div>
Konsepsi Alternatif Peserta Didik yang diperoleh dalam penelitian
<ol style="list-style-type: none"> 1. Larutan NaCl adalah larutan garam yang mudah larut. Saat dimasukkan ke air NaCl akan terionisasi menjadi ion Na⁺ dan Cl⁻. Ion Na⁺ dan Cl⁻ akan dikelilingi molekul-molekul air (H₂O). 2. Padatan CaCO₃ merupakan zat yang sukar larut dalam air. CaCO₃ saat dilarutkan ke dalam air akan terurai menjadi atom Ca, C, dan O. atom Ca, C, dan O masing-masing akan membentuk molekul CaCO₃ yang berikatan dengan molekul H₂O (air) dan sebagian molekul CaCO₃ tidak berikatan dengan molekul H₂O (air). 3. Padatan CaCO₃ merupakan larutan yang tidak dapat mengendap seluruhnya akibat terlarutnya Ca⁺ dan COO₃⁻ yang berlebihan sehingga sisanya mengendap di bagian dasar.

4. Padatan CaCO_3 merupakan zat yang sukar larut dalam air. CaCO_3 saat dilarutkan ke dalam air akan terurai menjadi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $2\text{H}(\text{CO}_3)_2$
5. Padatan CaCO_3 merupakan zat yang sukar larut dalam air. Jika dilarutkan dalam air akan terbentuk endapan. CaCO_3 saat dilarutkan ke dalam air akan terurai menjadi Ca^+ dan CO_3^- dan masing-masing dikelilingi oleh air (H_2O).
6. Padatan CaCO_3 merupakan padatan yang tidak mudah larut dalam air. Padatan CaCO_3 saat dilarutkan ke dalam air tidak terionisasi menjadi ion, tetapi menjadi endapan.
7. Padatan kalsium karbonat merupakan zat yang dapat dilarutkan tetapi hanya sebagian saja. Padatan yang tidak bisa dilarutkan dinamakan endapan. Endapan tidak dapat dilarutkan karena factor kelebihan. Padatan kalsium karbonat akan terionisasi menjadi ion-ion Ca^+ dan ion-ion CO_3^- .
8. Padatan CaCO_3 merupakan padatan yang tidak mudah larut dalam air. Padatan CaCO_3 saat dilarutkan ke dalam air terionisasi menjadi ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} dan masing-masing ion
9. tersebut dikelilingi oleh molekul-molekul air.
10. Memvisualisasikan larutan kalsium dan endapannya dengan atom-atom tersebut, 1 atom C, 1 atom Ca, dan 3 atom O. Memvisualisasikan larutan NaCl yang berupa ion-ionnya dengan jumlah yang sama banyak dan letak setiap pasangan berdekatan.
11. Visualisasi partikel yang ada dalam larutan kalsium dan endapannya adalah 1 Ca^+ dan 3 CO_3^- dan larutan NaCl adalah 1 Na dan 3 Cl.
12. Memvisualisasikan larutan NaCl yang berupa ion-ionnya dengan jumlah yang sama banyak.
13. Memvisualisasikan larutan kalsium karbonat dan endapannya berupa 3 ion Ca^+ dan 4 ion CO_3^- .
14. Memvisualisasikan larutan kalsium karbonat dan endapannya berupa 2 ion Ca^+ dan 4 ion CO_3^- .
15. Memvisualisasikan larutan kalsium karbonat dan endapannya berupa 4 ion Ca^+ dan 3 ion CO_3^- .
16. Memvisualisasikan larutan NaCl yang berupa ion-ionnya dengan jumlah yang sama banyak. Memvisualisasikan larutan kalsium karbonat dan endapannya berupa 4 ion K^+ dan 4 ion Ca^+ . Jumlah partikel campuran kalsium karbonat dan air sama banyak dengan campuran NaCl dan air.
17. Memvisualisasikan larutan NaCl yang berupa ion-ionnya dengan jumlah yang sama banyak. Memvisualisasikan larutan kalsium karbonat dan endapannya berupa 5 ion Ca^+ dan 5 ion CO_3^- . Jumlah partikel campuran kalsium karbonat dan air lebih banyak dibanding campuran NaCl dan air.
18. Memvisualisasikan larutan kalsium karbonat dan endapannya berupa 3 ion Ca^+ , 3 ion O dan endapan C.

19. Memvisualisaikan larutan NaCl yang berupa ion-ionnya dengan jumlah yang sama banyak. Memvisualisaikan larutan kalsium karbonat dan endapannya berupa ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} yang jumlahnya lebih banyak daripada partikel dalam campuran NaCl dan air

Contoh visualisasi peserta didik FT tentang partikel-partikel atau butiran-butiran (dapat berupa ion atau molekul) yang ada di dalam kedua campuran. Molekul air tidak perlu divisualisasikan (digambarkan). Jumlah partikel atau butiran yang ada dalam kedua campuran merupakan pemisalan:



Gambar 30 Visualisasi Peserta Didik FT Tentang Partikel-Partikel atau Butiran-Butiran (dapat Berupa Ion Atau Molekul) yang Ada di Dalam Campuran

Tabel 9 Konsepsi Alternatif Peserta Didik tentang Konsep Kelarutan

Konsepsi Ilmiah	
Kelarutan adalah jumlah maksimum suatu zat yang dapat larut dalam sejumlah pelarut tertentu dan pada suhu tertentu.	
Konsepsi Alternatif Peserta Didik yang diperoleh dalam penelitian	
1.	Kelarutan merupakan saat dimana ion-ion/zat-zat bercampur menjadi satu senyawa/zat yang satu/sama.
2.	Kelarutan adalah dua zat atau lebih yang digabungkan menjadi satu zat.
3.	Kelarutan adalah satu zat atau lebih yang digabungkan dengan zat lainnya menjadi suatu zat yang terlarut.
4.	Kelarutan adalah banyaknya zat terlarut yang dapat larut dalam pelarut.
5.	Kelarutan adalah zat yang dapat larut dalam air.
6.	Kelarutan adalah pelarutan yang dilakukan di dalam media air.
7.	Kelarutan adalah kemampuan suatu zat kimia tertentu (zat terlarut) untuk larut dalam suatu pelarut.
8.	Kelarutan adalah proses pencampuran ion-ion dengan molekul-molekul air dan yang menyebabkan kelarutan adalah suhu yang berada di tabung tersebut.

9. Kelarutan adalah kemudahan suatu molekul untuk terurai menjadi beberapa ion.
10. Kelarutan adalah zat yang dilarutkan menjadi partikel-partikel ion.
11. Kelarutan adalah 2 zat atau lebih yang digabungkan menjadi 1 zat.
12. Kelarutan adalah kemampuan suatu zat kimia tertentu untuk kelarutan dalam sebuah zat terlarut.
13. Kelarutan adalah kemudahan suatu zat untuk terurai apabila telah mencapai batas maksimum maka tidak akan terurai lagi dan terjadi pengendapan.
14. Kelarutan adalah kemampuan suatu zat kimia tertentu untuk terlarut dalam zat terlarut.
15. Kelarutan adalah suatu zat yang larut di dalam air dan terionisasikan oleh molekul-molekul H_2O .
16. Kelarutan adalah suatu proses massa yang mudah larut dan jumlah volume pada suhu tertentu yang mengakibatkan suatu unsur dapat larut.
17. Kelarutan adalah campuran antara 2 larutan yang tidak larut sepenuhnya namun dapat menghasilkan endapan.
18. Kelarutan adalah proses pencampuran ion-ion dengan molekul air.
19. Kelarutan adalah zat padat yang terlarut di dalam zat cair atau sebagai pelarut.
20. Kelarutan adalah sesuatu yang dilarutkan ke sebuah gelas dengan campuran-campuran yang mau dilarut ke dalamnya.
21. Kelarutan adalah larutan yang tak dapat larut seluruhnya tetapi bisa menghasilkan endapan.
22. Kelarutan adalah proses garam yang dimasukkan ke dalam air pada suhu tertentu yang ternyata tidak dapat larut seluruhnya dan mengendap di bagian dasar yang menunjukkan larutan yang larut telah mencapai maksimum.
23. Kelarutan adalah proses meleburkan suatu molekul yang dilakukan di dalam media air dan dipanaskan di suhu tertentu dan jika molekul tersebut tidak bisa melarut seluruhnya maka akan menjadi endapan.
24. Kelarutan adalah jumlah zat terlarut yang berada di dalam zat pelarut yang akan dilarutkan ke dalam dan akan terionisasi menjadi ion-ion.

Tabel 10 Konsepsi Alternatif Peserta Didik tentang Simbol Kelarutan

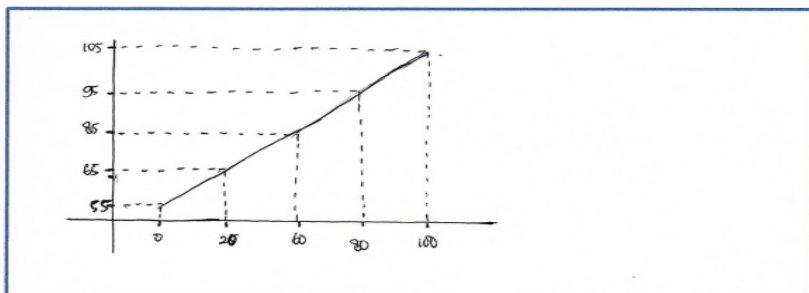
Konsepsi Ilmiah	
Simbol kelarutan adalah s (<i>solubility</i>).	
Konsepsi Alternatif Peserta Didik yang diperoleh dalam penelitian	
1.	Simbol kelarutan adalah K_{sp}
2.	Simbol kelarutan s .
3.	Simbol besaran kelarutan adalah x
4.	Simbol kelarutan adalah A .

Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang konsep pengaruh suhu terhadap kelarutan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Konsepsi Alternatif Peserta Didik tentang Pengaruh Suhu Terhadap Kelarutan

Konsepsi Ilmiah												
<p>Sejumlah tertentu padatan kalium bromida jika dilarutkan ke dalam air pada volume tertentu akan terurai menjadi ion-ion K^+ dan ion-ion Br^-. Berdasarkan data percobaan menunjukkan kelarutan kalium bromida dalam 100 mL air meningkat dengan meningkatnya suhu pelarut air. Data ini menunjukkan jumlah ion K^+ dan ion Br^- yang larut dalam air semakin banyak dengan meningkatnya suhu pelarut air.</p> <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <caption>Data points from the solubility graph</caption> <thead> <tr> <th>Suhu air (°C)</th> <th>Kelarutan KBr (gram larutan dalam 100 mL air)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>105</td> </tr> </tbody> </table> </div>	Suhu air (°C)	Kelarutan KBr (gram larutan dalam 100 mL air)	0	55	20	65	60	85	80	95	100	105
Suhu air (°C)	Kelarutan KBr (gram larutan dalam 100 mL air)											
0	55											
20	65											
60	85											
80	95											
100	105											
Konsepsi Alternatif Peserta Didik yang diperoleh dalam penelitian												
<p>Kelarutan KBr dalam air berbagai suhu berbeda. Semakin tinggi suhu maka semakin tinggi kelarutan KBr.</p>												

Contoh gambar diagram kelarutan kalium bromide dalam 100 mL air hasil pekerjaan peserta didik YH:



Gambar 31 Gambar Peserta Didik YH Tentang Diagram Kelarutan Kalium Bromide dalam 100 ml Air

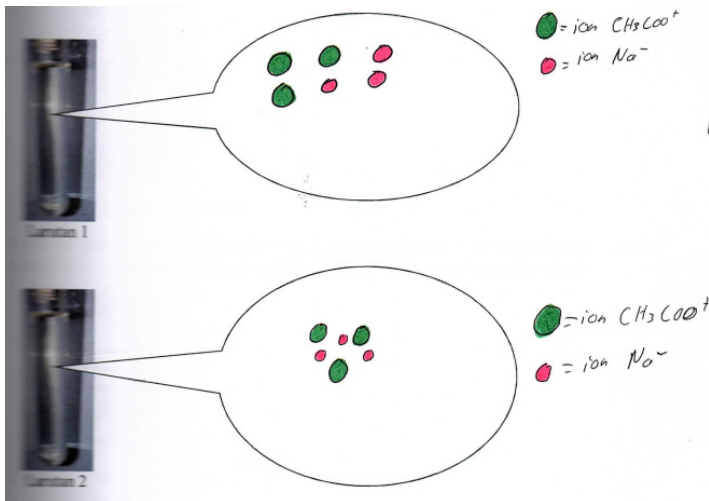
Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang konsep larutan belum jenuh disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12 Konsepsi Alternatif Peserta Didik tentang Larutan Belum Jenuh

Konsepsi Ilmiah	
<p>Padatan natrium asetat (CH_3COONa) dilarutkan ke dalam air akan terionisasi menjadi ion-ion Na^+ dan CH_3COO^-. Ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- masing-masing dikelilingi molekul air, H_2O. Jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 2 lebih banyak bila dibandingkan di dalam larutan 1 dengan jumlah molekul H_2O sama banyak.</p> <p>Larutan belum jenuh adalah larutan yang jumlah zat terlarut kurang dari jumlah maksimum dalam sejumlah pelarut tertentu dan pada suhu tertentu atau larutan belum jenuh adalah larutan yang berisi zat terlarut kurang dari kelarutannya.</p> <p>Tautan ketiga representasi:</p>	
	<p>Keterangan:</p> <p> = Ion CH_3COO^-</p> <p> = Ion Na^+</p>
Konsepsi Alternatif Peserta Didik yang diperoleh dalam penelitian	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Simbol natrium asetat: NaCh_3. NaCh_3 merupakan garam yang mudah larut dalam air. Larutan NaCh_3 akan terionisasi menjadi ion-ion yang dikelilingi air (H_2O). 	

2. Natrium asetat merupakan garam sedikit larut. Natrium asetat (CH_3COONa) saat dilarutkan ke dalam air akan terionisasi menjadi ion CH_3COO^- dan Na^+ .
3. NaCH_3 merupakan garam sedikit larut, terionisasi menjadi Na^+ dan CH_3^- . Ketika larutan ditambah lagi 1gr NaCH_3 akan terionisasi menjadi Na^+ dan CH_3^- .
4. Larutan belum jenuh adalah peristiwa masih melarutnya padatan natrium asetat dalam air.
5. Larutan belum jenuh merupakan sifat larutan dimana belum mencapai titik maksimum terlarut.
6. Larutan belum jenuh adalah peristiwa masih melarutnya padatan suatu zat dalam air seperti padatan natrium asetat yang masih larut dalam air.
7. Larutan belum jenuh adalah larutan yang dimana larutan tersebut masih bisa dilarutkan atau masih bisa terlarut.

Contoh visualisasi partikel-partikel atau butiran-butiran (dapat berupa ion atau molekul) yang ada di dalam larutan 1 dan 2 hasil pekerjaan peserta didik JN. Molekul air tidak perlu divisualisasikan. Jumlah partikel atau butiran yang ada dalam kedua larutan merupakan pemisalan:



Gambar 32 Visualisasi Peserta Didik JN Tentang Partikel-Partikel Atau Butiran-Butiran (dapat Berupa Ion atau Molekul) yang Ada Di dalam Larutan 1 dan Larutan 2

Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang konsep larutan jenuh disajikan pada Tabel 13.

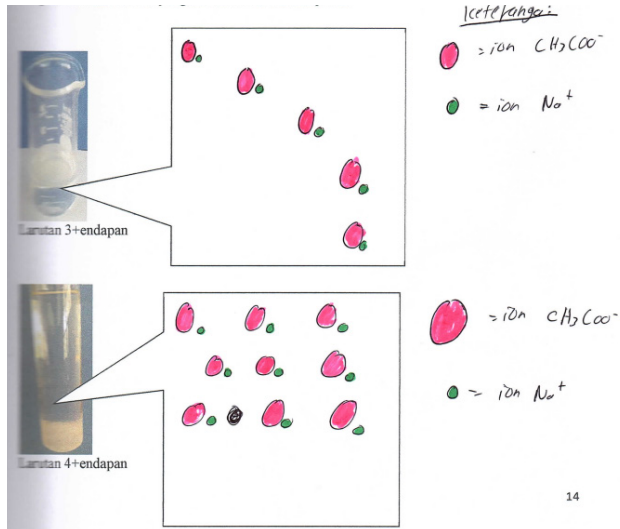
Tabel 13 Konsepsi Alternatif Peserta Didik tentang Larutan Jenuh

Konsepsi Ilmiah	
<p>Padatan natrium asetat (CH_3COONa) dilarutkan ke dalam air akan terionisasi menjadi ion-ion Na^+ dan CH_3COO^-. Ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- masing-masing dikelilingi molekul air, H_2O. Jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 3 dan 4 sama banyak dengan jumlah molekul H_2O sama banyak. Jumlah endapan natrium asetat (CH_3COONa) yang dihasilkan pada larutan 4 lebih banyak bila dibandingkan larutan 3.</p> <p>Larutan jenuh adalah larutan yang berisi sejumlah maksimum zat terlarut dalam sejumlah pelarut tertentu dan pada suhu tertentu atau larutan jenuh adalah larutan yang berisi sejumlah maksimum zat terlarut sesuai dengan kelarutannya.</p> <p>Tautan ketiga representasi:</p>	
Konsepsi Alternatif Peserta Didik yang diperoleh dalam penelitian	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Larutan jenuh adalah sebagian zat terlarut sudah tidak dapat terlarut lagi karena larutan sudah mencapai titik maksimum kelarutan sehingga zat terlarut yang tidak terurai dengan pelarut akan mengendap. 2. Larutan jenuh adalah peristiwa sudah tidak melarutnya padatan suatu zat yang ditandai dengan adanya endapan seperti padatan natrium asetat dalam air. 3. Larutan jenuh adalah larutan yang masih terjadi endapan. 4. Larutan jenuh adalah larutan yang terjadi endapan. 5. Larutan jenuh merupakan peristiwa sudah tidak melarutnya suatu endapan yang ditandai terbentuknya endapan. Larutan jenuh = $Q_{sp} > K_{sp}$. 6. Larutan jenuh adalah larutan yang sukar larut atau sudah tidak mau larut lagi dalam air dan larutan itu akan ada endapan. 7. Larutan jenuh adalah peristiwa sudah tidak melarutnya padatan natrium asetat dalam air yang ditandai adanya endapan. 	

8. Larutan jenuh adalah larutan yang belum seluruhnya tercampur atau terlarut dalam air dan warnanya jernih.
9. Larutan jenuh adalah larutan yang tidak mengandung solute (zat terlarut) lebih dari yang diperlukan.
10. Larutan jenuh adalah larutan yang belum seluruhnya tercampur atau terlarut dalam air dan warnanya tampak tidak jernih.
11. Larutan jenuh adalah molekul yang telah dicampurkan dengan air dan diaduk tetapi larutan tersebut sudah mencapai batas maksimum sehingga ditambahkan molekul lagi akan terjadi endapan.
12. Larutan jenuh adalah zat terlarut yang sudah terlarut tidak dapat terlarut atau tercampur dalam air dan warnanya jernih atau menguning.
13. Memvisualisasi larutan 3 + endapan dan Larutan 4 + endapan dengan jumlah ion-ion CH_3COO^- dan H^+ yang berbeda jumlahnya lebih banyak yang larutan 3 + endapan. Tidak divisualisasi endapannya.
14. Simbol natrium asetat adalah NaCH_3 . Mm NaCH_3 adalah 38. Mol adalah gram/Mm. Jumlah partikel adalah mol x bil Avogadro. NaCH_3 ditambah 3 gram NaCH_3 ke dalam larutan terionisasi menjadi Na^+ dan CH_3^- yang berlebihan sehingga terjadi endapan.
15. Mr $\text{CH}_3\text{COONa} = 82$.
16. Natrium asetat disimbolkan CH_3COOH yang terionisasi menjadi CH_3^+ dan COOH^- .
17. Natrium asetat disimbolkan CH_3COONa yang terionisasi menjadi CH_3COO^+ dan Na^- .
18. Visualisasi larutan 3+endapan jumlah molekulnya lebih sedikit daripada larutan 4+endapan
19. Natrium asetat disimbolkan CH_3COONa yang terionisasi menjadi CH_3COO^- dan Na^+ . Visualisasi larutan 3+endapan jumlah molekulnya lebih sedikit daripada larutan 4+endapan. Perbandingan jumlah molekul CH_3COO^+ dan Na^- adalah 2:1.
20. Visualisasi larutan 3+endapan jumlah molekulnya lebih sedikit daripada larutan 4+endapan.
21. Visualisasi larutan 3+endapan jumlah molekul = larutan 4+endapan.

Contoh visualisasi partikel-partikel atau butiran-butiran (dapat berupa ion atau molekul) yang ada di dalam larutan 3 dan endapannya serta larutan 4 dan endapannya hasil pekerjaan peserta didik JN.

Molekul air tidak perlu divisualisasikan. Jumlah partikel atau butiran yang ada dalam kedua campuran merupakan pemisalan:



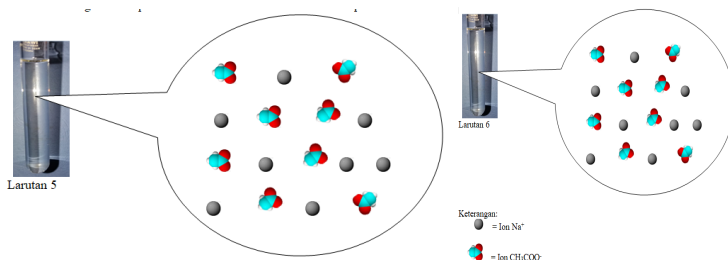
Gambar 33 Visualisasi Peserta Didik JN tentang Partikel-Partikel atau Butiran-Butiran (dapat Berupa Ion atau Molekul) yang Ada di dalam Larutan 3 dan Endapannya serta Larutan 4 dan Endapannya

Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang konsep larutan lewat jenuh disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14 Konsepsi Alternatif Peserta Didik tentang Larutan Lewat Jenuh

Konsepsi Ilmiah
<p>Padatan natrium asetat (CH_3COONa) dilarutkan ke dalam air akan terionisasi menjadi ion-ion Na^+ dan CH_3COO^-. Ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- masing-masing dikelilingi molekul air, H_2O. Jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 6 lebih banyak bila dibandingkan larutan 4 dengan jumlah molekul H_2O sama banyak. Jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 5 dan 6 adalah sama banyak.</p> <p>Larutan lewat jenuh adalah larutan yang berisi zat terlarut melebihi jumlah maksimum dalam sejumlah pelarut tertentu dan pada suhu tertentu atau larutan lewat jenuh adalah larutan yang berisi sejumlah zat terlarut melebihi kelarutannya.</p>

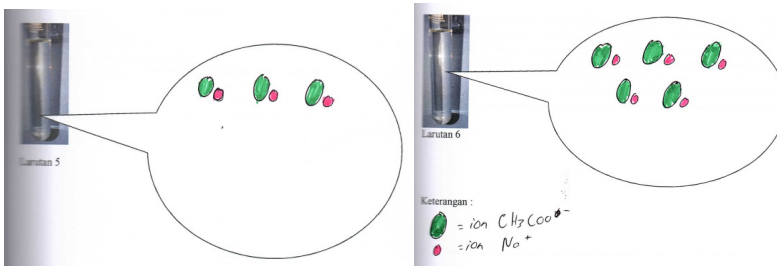
Tautan ketiga representasi:



Konsepsi Alternatif Peserta Didik yang diperoleh dalam penelitian

1. Larutan lewat jenuh adalah peristiwa melarutnya padatan natrium asetat dalam air yang sudah tidak dapat melarut dengan menaikkan suhu larutan dan membiarkan suhu larutan turun kembali ke dalam semula dan tidak terjadi endapan.
2. Larutan lewat jenuh adalah nilai maksimum terlarut meningkat karena peningkatan suhu air. Lalu saat suhu diturunkan nilai larut maksimum turun lagi.
3. Larutan lewat jenuh adalah padatan suatu zat dalam air yang sudah tidak dapat melarut dengan menaikkan suhu larutan dan membiarkan suhu larutan kembali ke keadaan semula dan tidak terjadi endapan.
4. Larutan lewat jenuh adalah larutan yang masih terjadi endapan.
5. Larutan lewat jenuh adalah larutan diantara larutan jenuh dan tidak jenuh.
6. Larutan lewat jenuh adalah suatu pengembalian larutan yang dari jenuh hingga kembali seperti semula lewat jenuh juga merupakan proses pengurangan endapan.
7. Larutan lewat jenuh adalah peristiwa larutan padat dalam air yang sudah tidak dapat melarut dengan menaikkan suhu larutan dan membiarkan suhu larutan turun kembali ke keadaan semula dan tidak terjadi endapan maka $Q_{sp} = K_{sp}$.
8. Visualisasi jumlah zat terlarut pada larutan 5 dan 6 sama banyak.
9. Visualisasi larutan 5 jumlah molekulnya lebih sedikit daripada larutan 6.

Contoh visualisasi partikel-partikel atau butiran-butiran (dapat berupa ion atau molekul) yang ada di dalam larutan 5 dan larutan 6 hasil pekerjaan peserta didik JN. Molekul air tidak perlu divisualisasikan. Jumlah partikel atau butiran yang ada dalam kedua larutan merupakan pemisalan:



Gambar 34 Visualisasi Peserta Didik JN Tentang Partikel-Partikel Atau Butiran-Butiran (dapat Berupa Ion atau Molekul) yang Ada di Dalam Larutan 5 dan Larutan 6

Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang konsep kesetimbangan kelarutan disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15 Konsepsi Alternatif Peserta Didik tentang Kesetimbangan Kelarutan

Konsepsi Ilmiah
<p>Proses melarut pada larutan jenuh AgCl disertai dengan adanya padatan AgCl meskipun tidak terlihat, secara submikroskopis terjadi perubahan dari padatan AgCl menjadi Ag^+ dan Cl^-. Namun pada saat yang sama terdapat Ag^+ dan Cl^- bergabung menjadi padatan AgCl dengan jumlah yang sama.</p> <p>Kesetimbangan kelarutan adalah keadaan dengan jumlah garam sukar larut yang melarut dalam larutan jenuhnya sama dengan jumlah ion-ionnya yang bereaksi membentuk padatan garam sukar larut tersebut kembali sehingga konsentrasi antara padatan dan ion-ionnya dalam larutan adalah konstan.</p> <p>Kesetimbangan kelarutan adalah keadaan dengan kecepatan penguraian garam sedikit larut yang melarut dalam larutan jenuhnya sama dengan kecepatan pembentukan kembali padatan garam sedikit larut dari ion-ionnya tersebut.</p> <p>Persamaan reaksi kesetimbangan kelarutan AgCl dalam larutan dan endapan AgCl adalah:</p> $AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$
Konsepsi Alternatif Peserta Didik yang diperoleh dalam penelitian
<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesetimbangan kelarutan merupakan kemampuan suatu larutan untuk mempertahankan konsentrasinya. 2. Kesetimbangan kelarutan adalah peristiwa terlarutnya molekul dalam air dengan mengendapnya molekul.

3. Zat elektrolit sukar larut mengalami kesetimbangan dinamis antara ion-ion terlarut dan zat padat tak terlarut.
4. Kesetimbangan kelarutan adalah proses menyeimbangkan larutan dengan mengionisasikannya.
5. Kesetimbangan kelarutan adalah proses pelarutan bersama dengan peristiwa pengendapan yang akan terjadi setimbang pada larutan sifat tetap.
6. Kesetimbangan kelarutan adalah peristiwa melarutnya senyawa dalam air bersamaan dengan peristiwa endapan senyawa tersebut dan bersifat dinamis.
7. Kesetimbangan kelarutan adalah jumlah larutan dan massa endapan tidak berubah di setiap waktu, tidak terlihat adanya perubahan pada larutan dan endapan namun dalam keadaan tersebut ternyata proses melarutnya dan proses terbentuknya endapan masih terus berlangsung.
8. Kesetimbangan kelarutan adalah proses pelarutan bersamaan dengan peristiwa pengendapan yang akan terjadi setimbang larutan pada sifat tetap.
9. Kesetimbangan kelarutan adalah peristiwa melarutnya larutan dalam air bersamaan dengan peristiwa mengendapnya larutan.
10. Kesetimbangan kelarutan adalah proses melarutnya molekul yang terjadi bersamaan dengan peristiwa pengendapan molekul.
11. Kesetimbangan kelarutan adalah peristiwa melarutnya padatan dalam air bersamaan dengan peristiwa mengendapnya padatan tersebut.

Faktor-faktor yang Berkontribusi terhadap Pembentukan Konsepsi Alternatif Peserta Didik pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan didukung juga dengan data yang diperoleh dari pengisian angket peserta didik. Berdasarkan hasil pengolahan data angket, diperoleh persentase peserta didik pada setiap faktor-faktor yang mempengaruhi model mental pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan yang disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16 Persen Peserta didik pada Setiap Faktor-faktor yang Berkontribusi pada Pembentukan Konsepsi Alternatif Peserta Didik pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Nomor Konsep	Faktor-faktor	Jumlah Peserta Didik (%)
Konsep 1	Faktor a	44
	Faktor b	28
	Faktor c	0
	Faktor d	0
	Faktor e	28
Konsep 2	Faktor a	13
	Faktor b	29
	Faktor c	7
	Faktor d	0
	Faktor e	51
Konsep 3	Faktor a	26
	Faktor b	39
	Faktor c	0
	Faktor d	0
	Faktor e	35
Konsep 4	Faktor a	19
	Faktor b	38
	Faktor c	6
	Faktor d	0
	Faktor e	37
Konsep 5	Faktor a	0
	Faktor b	33
	Faktor c	17
	Faktor d	0
	Faktor e	50
Konsep 6	Faktor a	0
	Faktor b	67
	Faktor c	0
	Faktor d	0
	Faktor e	33

Keterangan:

Faktor a: Penjelasan Guru

Faktor b: Penjelasan dalam Buku Teks

Faktor c: Media Pembelajaran di Kelas

Faktor d: Kegiatan Praktikum

Faktor e : Faktor lain

Konsep 1: kelarutan

Konsep 2: pengaruh suhu terhadap kelarutan suatu zat

Konsep 3: larutan belum jenuh

Konsep 4: larutan jenuh

Konsep 5 : larutan lewat jenuh

Konsep 6: kesetimbangan kelarutan

Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang partikel-partikel yang ada di dalam campuran natrium klorida dan air serta campuran kalsium karbonat dan air sebagai penjelasan dari fenomena hasil pencampuran pada Tabel 8 menunjukkan ada 20 konsepsi alternatif peserta didik. Sebagian besar peserta didik tidak memiliki pengetahuan yang benar tentang kalsium karbonat (CaCO_3). Sebagian besar peserta didik tidak mengetahui penjelasan pada level partikel (submikroskopik) tentang fenomena melarutnya sejumlah kecil padatan kalsium karbonat dalam sejumlah tertentu air pada suhu tertentu. Kalsium karbonat merupakan garam yang sedikit larut dalam air pada suhu tertentu. Padatan kalsium karbonat yang larut dalam air menunjukkan padatan CaCO_3 terionisasi menjadi ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} (konsepsi ilmiah). Peserta didik menjelaskan padatan kalsium karbonat yang larut dalam air menunjukkan padatan CaCO_3 terionisasi menjadi atom Ca, C, dan O. Peserta didik ada juga yang menjelaskan padatan CaCO_3 merupakan zat yang sukar larut dalam air. CaCO_3 saat dilarutkan ke dalam air akan terurai menjadi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $2\text{H}(\text{CO}_3)_2$. Visualisasi tentang partikel-partikel atau butiran-butiran (dapat berupa ion atau molekul) yang ada di dalam kedua campuran menunjukkan hampir semua peserta didik tidak dapat menggambar keadaan partikel yang ada dalam campuran kalsium karbonat dan endapannya dengan benar. Konsepsi yang diharapkan dimiliki oleh peserta didik tentang visualisasi kedua campuran adalah padatan NaCl dapat larut semua menunjukkan jumlah ion-ion Na^+ dan Cl^- **lebih banyak** dalam larutan bila dibandingkan dengan jumlah ion-ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} (Catatan: jumlah padatan NaCl dan CaCO_3 yang dilarutkan pada sejumlah tertentu air adalah sama). CaCO_3 merupakan garam yang sedikit larut sehingga kelarutannya terbatas.

Konsepsi alternatif peserta didik tentang konsep kelarutan menunjukkan telah teridentifikasi 24 konsepsi alternatif tentang konsep ini. Sebagian besar peserta didik mendefinisikan kelarutan dengan tidak sempurna. Konsepsi yang diharapkan dimiliki oleh peserta didik tentang definisi kelarutan adalah jumlah maksimum

suatu zat yang dapat larut dalam sejumlah pelarut tertentu dan pada suhu tertentu (konsepsi ilmiah). Sebagian besar peserta didik mengetahui simbol kelarutan yaitu s (*solubility*) meskipun masih teridentifikasi peserta didik lainnya yang menuliskan simbol lain dari kelarutan yaitu A , K_{sp} , dan x .

Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang pengaruh suhu terhadap kelarutan menunjukkan sebagian besar peserta didik memahami bahwa kelarutan KBr dalam air berbagai suhu berbeda. Semakin tinggi suhu maka semakin tinggi kelarutan KBr. Namun, semua peserta didik tidak dapat menjelaskan keberadaan partikel yang ada dalam larutan kalium bromida pada berbagai suhu.

Ada tujuh konsepsi alternatif peserta didik yang teridentifikasi pada konsep larutan belum jenuh. Konsepsi peserta didik tentang definisi larutan belum jenuh sama dengan konsepsi ilmiah. Namun, ada peserta didik yang tidak mengetahui rumus kimia natrium asetat dengan benar sehingga salah dalam menuliskan reaksi ionisasi natrium asetat dalam air. Visualisasi keadaan partikel di dalam larutan 1 dan larutan 2 belum benar. Konsepsi ilmiah yang seharusnya adalah jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 2 lebih banyak bila dibandingkan di dalam larutan 1 dengan jumlah molekul H_2O sama banyak.

Konsepsi peserta didik tentang definisi larutan jenuh serta menjelaskan dan memvisualisasi keadaan partikel dalam campuran menunjukkan ada 21 konsepsi alternatif yang telah teridentifikasi. Sebagian besar peserta didik tidak benar mendefinisikan larutan jenuh berdasarkan fenomena pencampuran natrium asetat dalam air. Konsepsi ilmiah yang diharapkan dimiliki dalam struktur pengetahuan peserta didik yaitu larutan jenuh adalah larutan yang berisi sejumlah maksimum zat terlarut dalam sejumlah pelarut tertentu dan pada suhu tertentu atau larutan jenuh adalah larutan yang berisi sejumlah maksimum zat terlarut sesuai dengan kelarutannya. Jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 3 dan 4 sama banyak dengan jumlah molekul H_2O sama banyak. Namun, jumlah endapan

natrium asetat (CH_3COONa) yang dihasilkan pada larutan 4 lebih banyak bila dibandingkan larutan 3. Sebagian besar konsepsi yang muncul pada peserta didik bahwa jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 4 lebih banyak bila dibandingkan dalam larutan 3 dengan jumlah molekul H_2O sama banyak. Peserta didik juga masih ada yang salah menuliskan rumus kimia natrium asetat sehingga peserta didik juga salah menuliskan reaksi ionisasi natrium asetat dalam air.

Konsepsi alternatif peserta didik tentang konsep larutan lewat jenuh menunjukkan telah teridentifikasi 9 konsepsi alternatif tentang konsep ini. Sebagian besar peserta didik tidak mengetahui atau tidak memahami definisi larutan lewat jenuh. Konsepsi yang diharapkan dimiliki oleh peserta didik bahwa larutan lewat jenuh adalah larutan yang berisi zat terlarut melebihi jumlah maksimum dalam sejumlah pelarut tertentu dan pada suhu tertentu atau larutan lewat jenuh adalah larutan yang berisi sejumlah zat terlarut melebihi kelarutannya. Jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 6 lebih banyak bila dibandingkan larutan 4 dengan jumlah molekul H_2O sama banyak. Jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 5 dan 6 adalah sama banyak. Konsepsi yang muncul pada peserta tentang visualisasi keadaan partikel di dalam larutan 5 dan 6 menunjukkan jumlah ion-ion Na^+ dan CH_3COO^- yang terlarut dalam larutan 6 lebih banyak bila dibandingkan di dalam larutan 5.

Hasil identifikasi konsepsi alternatif peserta didik tentang kesetimbangan kelarutan menunjukkan 11 konsepsi alternatif yang muncul pada peserta didik. Sebagian besar peserta didik mendefinisikan kesetimbangan kelarutan dengan tidak benar. Konsepsi yang diharapkan dimiliki oleh peserta didik bahwa kesetimbangan kelarutan adalah keadaan dengan jumlah garam sukar larut yang melarut dalam larutan jenuhnya sama dengan jumlah ion-ionnya yang bereaksi membentuk padatan garam sukar larut tersebut kembali sehingga konsentrasi antara padatan dan ion-ionnya dalam larutan adalah konstan. Kesetimbangan kelarutan juga dapat

didefinisikan sebagai keadaan dengan kecepatan penguraian garam sedikit larut yang melarut dalam larutan jenuhnya sama dengan kecepatan pembentukan kembali padatan garam sedikit larut dari ion-ionnya tersebut. Peserta didik tidak dapat menjelaskan proses melarut pada larutan jenuh AgCl disertai dengan adanya padatan AgCl meskipun tidak terlihat. Peserta didik juga tidak dapat menulis persamaan reaksi kesetimbangan kelarutan AgCl dalam larutan dan endapan AgCl.

Hasil analisis terhadap konsepsi alternatif yang muncul pada peserta didik untuk menjelaskan fenomena kelarutan, pengaruh suhu terhadap kelarutan, larutan belum jenuh, larutan jenuh, larutan lewat jenuh, dan kesetimbangan kelarutan menunjukkan lemahnya penguasaan konsep kimia peserta didik terutama konsep-konsep kimia yang menjadi prasyarat dalam mempelajari materi ini. Sebagian besar peserta didik tidak mengetahui reaksi ionisasi kalsium karbonat dalam air. Peserta didik tidak mengetahui rumus kimia dan reaksi ionisasi natrium asetat. Peserta didik juga tidak mengetahui reaksi ionisasi perak klorida serta reaksi kesetimbangan kelarutan AgCl dalam larutan dan endapan AgCl. Pengetahuan peserta didik tentang rumus kimia (termasuk anion dan kation), massa molekul relatif, persamaan reaksi, reaksi-reaksi kimia, konsep mol, dan konsentrasi larutan adalah sebagian konsep-konsep prasyarat yang harus sudah dipahami peserta didik sebelum mempelajari materi kelarutan dan hasil kali kelarutan. Ketuntasan belajar yang ditandai dengan pemahaman peserta didik tentang konsep-konsep prasyarat sangat membantu peserta didik untuk mempelajari materi kelarutan dan hasil kali kelarutan. Rendahnya pemahaman peserta didik tentang konsep-konsep prasyarat akan menimbulkan kesulitan belajar pada materi selanjutnya. Peserta didik selanjutnya akan menilai bahwa mata pelajaran kimia sulit untuk dipelajari. Yalcin (2012) menjelaskan banyak peserta didik sekolah menengah atas dan mahasiswa mengalami kesulitan tentang konsep-konsep dasar (fundamental) dan fenomena di dalam kimia. Kesulitan-kesulitan

yang dialami peserta didik ini dapat berdampak terhadap penguasaan materi subyek pada pembelajaran selanjutnya.

Visualisasi tentang partikel-partikel atau butiran-butiran (dapat berupa ion atau molekul) yang ada di dalam campuran menunjukkan hampir semua peserta didik tidak dapat menggambar keadaan partikel yang ada dalam campuran dengan benar. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian para ahli sebelumnya yang menyatakan bahwa sebagian besar peserta didik tidak bisa menjelaskan menjelaskan fenomena pada tingkat molekuler, terutama ketika mereka diminta untuk berpikir dan memberikan penjelasan mengenai atom dan molekul (Ardac & Akaygun, 2004).

Lebih lanjut, berdasarkan hasil analisis angket diperoleh bahwa faktor pengajaran guru, penjelasan dalam buku teks, dan media pembelajaran berkontribusi terhadap konstruksi pengetahuan peserta didik dalam pikirannya mengenai konsep kelarutan, pengaruh suhu terhadap kelarutan, larutan belum jenuh, larutan jenuh, larutan lewat jenuh, dan kesetimbangan kelarutan. Kesulitan peserta didik dalam memahami dan menjelaskan fenomena secara submikroskopik (molekuler) salah satunya disebabkan oleh pengajaran guru yang kurang melibatkan penggunaan model submikroskopik untuk menjelaskan fenomena kelarutan dan hasil kali kelarutan. Peserta didik mendapatkan materi kelarutan dan hasil kali kelarutan untuk pertama kalinya dari guru. Peserta didik mengolah informasi yang disampaikan guru, menyimpannya di dalam memorinya sehingga apa yang dijelaskan guru menjadi informasi baru yang terekam kuat di memorinya. Peserta didik meyakini bahwa apa yang disampaikan oleh gurunya adalah benar sehingga penjelasan guru menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap pembentukan konsepsi peserta didik pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan. Hal ini sejalan dengan pendapat Lin dan Chiu (2010) yang menyatakan bahwa penjelasan pendidik, selain penjelasan dalam buku teks, merupakan komponen utama yang mempengaruhi model mental peserta didik. Faktor-faktor eksternal, seperti model pengajaran guru

dan buku teks yang digunakan peserta didik, serta kurikulum yang digunakan untuk mengajar materi kimia, memengaruhi pemahaman dan pembentukan model mental peserta didik (Adbo & Taber, 2009; Adadan, *et al.*, 2009; Cokelez, 2009; Lin & Chiu, 2010; Smith & Nakhleh, 2011; Cheng & Gilbert, 2014).

Pemahaman dan penalaran peserta didik tentang materi kelarutan dan hasil kali kelarutan juga dipengaruhi oleh konstruksi pengetahuan yang mereka buat dalam pikiran mereka. Faktor internal yaitu tingkat kecerdasan, penalaran formal, minat, motivasi intrinsik, dan emosional peserta didik juga sangat berpengaruh pada pemahaman dan pembentukan model mental peserta didik (Devetak & Glazar, 2010; Liu *et al.*, 2013). Posner *et al.* (1982) dan Palmer (1999) menyatakan bahwa peserta didik memiliki pemahaman awal tentang fenomena atau peristiwa yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari sebelum mereka mulai belajar di sekolah. Ini dapat mengganggu pemrosesan ilmu pengetahuan yang mereka peroleh saat belajar tentang konsep-konsep, prinsip-prinsip ilmiah yang benar, dan menginterpretasikan informasi baru berdasarkan perspektif dari pemahaman awal dan keyakinan mereka. Oleh karena itu, pendidik harus mempelajari lebih lanjut tentang kesulitan belajar peserta didik mereka baik selama pembelajaran maupun setelah pembelajaran dalam mengkonseptualisasi pengetahuan ilmiah. Mereka juga harus menentukan apakah ada pembelajaran remedial yang diperlukan untuk mengatasi masalah tersebut (Ozmen, 2008).



BAB VI

PENUTUP

Dengan ini, kami sampai pada akhir perjalanan yang menakjubkan dalam memahami kimia melalui pembentukan model mental pembelajar. Melalui buku ini, penulis berharap telah berhasil membuka pintu pemahaman yang lebih dalam dan mengilhami semangat penelusuran ilmiah yang tak terbatas di antara para pembaca. Mempelajari kimia bukanlah sekadar menghafal fakta atau rumus. Ini adalah proses eksplorasi yang mendalam tentang alam semesta dan prinsip-prinsip dasar yang mengaturnya. Dengan membangun model mental yang kuat, kita dapat melampaui batasan-batasan pemahaman dan mengeksplorasi keindahan dan kompleksitas materi kimia dengan lebih dalam.

Kami berharap buku ini telah memberikan wawasan yang berharga, memberikan inspirasi, dan membantu membentuk fondasi yang kokoh bagi pemahaman kimia yang lebih mendalam. Kami juga berharap bahwa pembaca akan terus mengeksplorasi dan mengembangkan pengetahuan mereka tentang kimia, serta membagikan pengetahuan dan semangat mereka kepada orang lain di sekitar mereka. Dengan adanya buku referensi ini dapat menambah wawasan pendidik yang selanjutnya dapat merancang

pembelajaran kimia yang tepat dalam mempelajari materi kimia dengan mengaitkan level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Akhirnya diharapkan model mental peserta didik atau pebelajar dalam mempelajari materi kimia dapat menjadi holistik (utuh).

Terima kasih kepada semua pembaca yang telah menemani kami dalam perjalanan ini. Mari kita terus menjaga semangat penasaran dan keingintahuan kita yang tak terbatas, karena di dalamnya terdapat keajaiban yang tak terhingga dari dunia kimia yang menyenangkan dan menginspirasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Adadan, E., Irving, K.E., & Trundle, K. C. (2009). Impacts of multi-representational instruction on high school students' conceptual understandings of the particulate nature of matter. *International journal of Science Education*, 31, 1743-1775.
- Adbo, K. & Taber, K.S. (2009). Learner's 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.
- Akaygun, S. & Jones, L. L. (2013a). Research-based design and development of a simulation of liquid-vapor equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 324-344.
- Akaygun, S. & Jones, L. L. (2013b). Words or pictures: A Comparison of written and pictorial explanations of physical and chemical equilibria. *International Journal of Science Educations*, 36 (5), 783-807.
- Alawiyah, N., Susilaningsih, E., & Sulistyarningsih, T. (2018). Analysis of misconception on solubility and solubility product constant (K_{sp}) using three-tier multiple choice test. *Journal of Innovative Science Education*, 7(1), 122-129.
- Al-Balushi, S.M. (2012). The effect of macroscopic and submicroscopic pictorial representations on pre-service science teachers' explanations. *International Journal of Academic research*, 4 (6), 10-14.

- Andari, M. (2012). *Analisis Profil Model Mental Siswa SMA dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya Pada Topik Larutan Penyangga*. Tesis. Tidak dipublikasikan. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia based-instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 317-337.
- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. (2015). Translating across macroscopic, and symbolic levels: The role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 769-785.
- Bain K., Moon A., Mack M. R., & Towns M. H. (2014). A Review of research on the teaching and learning of thermodynamics at the university level. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 320-335.
- Barke, H. D., Harsch, G., & Schmid, S. (2012). *Essentials of chemical education*. Translated by Hannah Gerdau. Verlag Berlin Heidelberg: Springer.
- Cheng, M. M. W. & Gilbert, J. K. (2014). Students' visualization of metallic bonding and the malleability of metals. *International Journal of Science Education*, 36 (8), 1373-1407.
- Cokelez, A. (2009). A Comparative study of french and turkish students' ideas on acid-base reactions. *Research Science and Education*, 8(1): 102-106.
- Coll, R. K. (2009). Do gifted students view and use mental models differently from others?. *Educacion Quimica*, 20(1), 18-31.
- 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 and Technological Education*, 23(2), 195-212.
- Corradi, D., Elen, J., & Clarebout, G. (2012). Understanding and enhancing the use of multiple external representations in chemistry education. *Journal Science Technology*, 21, 780-795.

- Dahar, R.W. (1996). *Teori-Teori Belajar*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Dangur, V., Avargil, S., Peskin, U., & Dori, Y. J. (2014). Learning quantum chemistry via a visual-conceptual approach: students' bidirectional textual and visual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 297-310.
- Devetak, I. & Glazar, S.A. (2010). The Influence of 16 year old students' gender, mental abilities, and motivation on their reading and drawing submicrorepresentations achievements. *International Journal of Science Education*, 32, 1561-1593.
- Devetak, I., Vogrinc, J., & Glazar, S. A. (2009). Assessing 16-year-old students' understanding of aqueous solution at submicroscopic level. *Research in Science Education*, 39(2), 157-179.
- Dikti. (2001). *Hakikat Pembelajaran MIPA dan Kiat Pembelajaran Kimia di Perguruan Tinggi*. Jakarta: Diknas.
- Dogra, S.K., dan Dogra S. (2008). *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Jakarta: UI Press.
- Fazio, C., Battaglia, O. R., & Di Paola, B. (2013). Investigating the quality of mental models deployed by undergraduate engineering students in creating explanations: The case of thermally activated phenomena. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9, 020101.
- Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. (1998). Learning science through models and modeling. In Fraser B. J. & Tobin, K. G. (ed). *International Handbook of Science Education*. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 53-66.
- Gonzalez F. M., (1997). Diagnosis of Spanish primary school students' common alternative science conceptions, *School Science and Mathematics*, 97, 68.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2001). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86, 106-121.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). *Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry*. *Science Education*, 84(3), 352-381.

- Hernandez, G. E, Criswell, B. A., Kirk, N. J., Sauder, D. G., & Rushton, G. T. (2014). Pushing for particulate level models of adiabatic and isothermal processes in upper-level chemistry courses: A Qualitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 354-365.
- Husni, Rasmiwetti, & Abdullah. (2018). Applying learning category of student learning (pbl) to improve category of student learning result on the subject of solubility and solubility product constant in class XI science of SMAN 1 Kampar. *The 2nd International Conference on Science and Technology*, 190-198.
- Juniar, A., Manalu, L., & Masteriana, D. (2017). Development of guided inquiry-based module on the topic of solubility and solubility product (Ksp) in senior high school. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 104, 70-73.
- Jansoon, N., Coll, R. K., & Somsook, E. (2009). "Understanding mental models of dilution in thai students". *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(2), 147-168.
- Johnstone, A. H. (2000). *Teaching of chemistry-logical or psychological ?*. Cerapie 1:9.
- Lin, J.W. & Chiu, M.H. (2010). The mismatch between students' mental models of acids/bases and their sources and their teacher's anticipations Thereof. *International Journal of Science Education*, 32 (12), 1617-1646.
- Liu, C.J., Hou, L.I., & Chiu,H.L. (2013). An Exploring of secondary students' mental states when learning about acids and bases. *Research Science Education*, 44(1): 133-154.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Naah, B. M. & Sanger, M. J. (2013). Investigating students' understanding of the dissolving process. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 103-112.

- Nakhleh M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry? Chemical misconceptions, *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.
- Ozmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 225-233.
- Palmer, D. (1999). Exploring to link between students' scientific and nonscientific conceptions. *Science Education*, 83, 639-653.
- Park, E.J. & Light, G. (2009). Identifying atomic structure as a threshold concept: student mental models and troublesomeness. *International Journal of Science Education*, 31, 233-258.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1997). *Bibliography: student's alternative frameworks and science education*. 4th edn (Kiel, University of Kiel).
- Pinarbasi, T., Sozbilir, M., and Canpolat, N. (2009). Prospective chemistry teacher's misconceptions about colligative properties: boiling point elevation and freezing point depression. *Che. Educ. Pract*, 10, 273-280.
- Pongkendek, J.J., Parlindungan, J.Y., & Sumanik, N.B. (2019). The Development of direct learning strategies in topic solubility and solubility product. *Advances in social science. Education and Humanities Research*, 383, 129-133.
- Posner G. J., Strike K. A., Hewson P. W., & Gertzog W. A.. (1982). Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change, *Science Education*., 66, 211-217.
- Puspitasari, D.A. & Nasrudin, H. (2012). Increasing of critical thinking skills using inquiry learning model in sub material solubility and solubility product in grade XI RSBI senior high school 1 Bojonegoro. *Unesa Journal of Chemical Education*, 1, 1, 76-82.
- Rahmi, C., Katmiati, S., Wiji, & Mulyani, S. (2017). Students' mental models on the solubility and solubility product concept. *AIP Conference Proceedings*, 1848, (1), 030001.

- Ramdas, J. (2009). Visual and spatial modes in science learning. *International Journal of Science Education*, 31, 301-318.
- Rau. (2015). Enhancing undergraduate chemistry learning by helping students make connections among multiple graphical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 654-669.
- Raviolo, A. (2001). Assessing students' conceptual understanding of solubility equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78, (5), 629-631.
- Sary, S. P., & Sutiani, A. (2017). The Implementation of problem based learning model integrated into macromedia flash on teaching of solubility and solubility product. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 104, 57-61.
- Schonborn, K., J. & Anderson, T., R. (2009). A Model of factors determining students' ability to interpret external representations in biochemistry. *International Journal of Science Education*, 31, 2, 193-232.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141-156.
- Schnotz & Kuerchner. (2008). External and internal representations in the acquisition and use of knowledge: visualization effects on mental model Construction. *Instructional Science*, 36, 175-190.
- Seel, N.M., Ifenthaler, D., & Pirnay-Dummer, P. (2008). *Mental models and problem solving: Technological solutions for measurement and assessments of the development of expertise*. In P. Blumschein, W. Hung, D. Jonassen & J. Strobel (Eds), *Model based approaches to learning: Using systems models and simulations to improve understanding and problem solving in complex domains*. (17-40). Netherlands: Sense Publishers.
- Slameto. (2003). *Belajar dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Smith, K. C. & Nakhleh, M. B. (2011). University students' conceptions of bonding in melting and dissolving phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 398-408.
- Stains, M. & Sevian, H. (2014). Uncovering implicit assumptions: a large-scale study on students' mental models of diffusion. *Research Science and Education*, 45(6), 807-840.
- Tumay, H. (2014). Prospective chemistry teachers' mental models of vapor pressure. *Chemical Education Research and Practice*, 15, 366-379.
- Valanides, N.C. (1996). *Formal Reasoning and Science Teaching*. School Science and Mathematics. 96. (2). 99-107.
- Van Der Veer, C. G., & Del Carmen Puerta Melguizo, M. (2003). *Mental models*. In J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), *The human-computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies, and emerging applications* (pp. 52-80). Uitgever: Lawrence Erlbaum & Associates.
- Wang, C. Y. & Barrow, L. H. (2013). Exploring conceptual frameworks of models of atomic structures and periodic variations, chemical bonding, and molecular shape and polarity: A Comparison of undergraduate general chemistry students with high and low levels of content knowledge. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(1), 130-146.
- Wang, C.Y. & Barrow, L.H. (2011). Characteristics and levels of sophistication: an analysis of chemistry students' ability to think with mental models. *Research Science Education*, 41, 561-586.
- Yalcin, F. A. (2012). Pre-service primary science teachers' understanding of the effect of temperature and pressure on solid-liquid phase transition of water. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 369-377.

TENTANG PENULIS



Dr. Albaiti, S.Pd., M.Pd. lahir di Jayapura, tanggal 3 Desember 1979. Penulis menyelesaikan Program Sarjana di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Cenderawasih Jayapura tahun 2003 (S1/S.Pd.). Pada tahun 2011, penulis menyelesaikan Program Magister Pendidikan di Program Studi Pendidikan IPA Konsentrasi Pendidikan Kimia Sekolah Lanjutan Universitas Pendidikan Indonesia Bandung (S2/M.Pd).

Penulis menyelesaikan Pendidikan Doktor (S3) Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia Bandung Program Studi Pendidikan IPA pada Tahun 2017. Penulis diangkat sebagai dosen Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Cenderawasih sejak tanggal 1 Desember 2003. Publikasi ilmiah dalam jurnal nasional dan internasional yang telah dihasilkan penulis adalah :

1. The study of mental model on n-hexane-methanol binary system (the validation of physical chemistry practicum procedure), 2016, *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5 (1), 6-13.

2. A study of oil viscosity mental model, 2017, *Journal of Physics: Conference Series*, 812 (1), 012030.
3. The Binary System Laboratory Activities Based on Students Mental Model, 2017, *Journal of Physics: Conference Series*, 895 (1), 012116.
4. Calcium contained tap water phenomena: Students misconception patterns of acids-bases concept, 2018, *Journal of Physics: Conference Series*, 1013 (1), 012095.
5. Solubility and Solubility Product Phenomena: Papua Senior High School Students Mental Model, 2022, *Journal of Turkish Science Education*, 19 (2), 481-495.
6. Students' Skills to Make Inductions and Consider Inductions to Explain the Phenomenon of the Volta Cell, 2024, *Formosa Journal of Science and Technology*, 3 (3), 435-446.

MENINGKONSTRUK MODEL MENTAL PEMBELAJAR

Dalam Mempelajari Materi Kimia

Buku ini menghadirkan sebuah pandangan yang mendalam tentang bagaimana individu dapat membangun model mental yang efektif dalam mempelajari materi kimia. Dalam dunia pendidikan, pemahaman materi kimia sering kali dianggap sebagai tantangan yang kompleks dan membingungkan bagi banyak peserta didik. Namun, dengan pendekatan yang tepat, proses pembelajaran dapat menjadi lebih mudah dipahami dan menarik. Penulis buku ini menyajikan sebuah analisis komprehensif untuk membantu pebelajar membangun model mental yang kuat dalam memahami konsep-konsep kimia. Buku ini tidak hanya berfokus pada aspek teoritis, tetapi juga memberikan contoh-contoh praktis yang memungkinkan pembaca untuk mengaplikasikan konsep-konsep tersebut dalam situasi nyata. Melalui penelitian yang mendalam dan pengalaman praktis, penulis menguraikan langkah-langkah konkret untuk membantu pebelajar mengatasi kesulitan dalam memahami materi kimia.

Penyajian buku ini mulai dari pembentukan dasar-dasar konsep apa itu kimia dan bagaimana kaitannya dengan pembelajaran kimia, apa itu model mental serta manfaatnya dan kaitannya dalam pembelajaran kimia, model mental peneliti dengan mengaitkan level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik dalam mempelajari materi kimia. Buku ini memberikan pandangan yang komprehensif tentang pemahaman konsep-konsep kimia. Analisis model mental pada materi kimia dalam buku ini dibatasi pada materi larutan penyangga, kenaikan titik didih larutan, penurunan titik beku larutan, serta kelarutan dan hasil kali kelarutan. Buku ini juga memaparkan hasil penelitian yang dilakukan peneliti berkaitan model mental peserta didik pada keempat topik kimia tersebut.

Buku ini menyoroti pentingnya memahami kesalahan umum yang sering dilakukan oleh pebelajar berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti. Dengan mempertimbangkan berbagai gaya belajar dan tingkat pemahaman individu, buku ini dapat menginspirasi dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing pembaca. Dengan pendekatan yang sistematis dan mendalam, "Meningkonstruk Model Mental Pebelajar dalam Mempelajari Materi Kimia" bukan hanya menjadi panduan yang berharga bagi peserta didik dan pendidik kimia, tetapi juga menjadi sumber inspirasi bagi siapa pun yang tertarik dalam meningkatkan pemahaman mereka tentang ilmu kimia.

