

Kajian Multirepresentasi Kimia pada Materi Ikatan Kimia dalam Buku Teks Kimia Kurikulum Merdeka

Iffa Fadila^{1*}, Faizah Qurrata Aini²

^{1,2}Universitas Negeri Padang, Indonesia

^{1*} iffa.fadila13@gmail.com, ² faizah_qurrata@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 January 2025

Revised 15 September 2025

Accepted 2 October 2025

Available online 30 October 2025

Keywords:

merdeka curriculum textbook; analysis; multirepresentasi of chemistry, chemical bonding



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license. Copyright © 2025 by Author. Published by Universitas Sebelas Maret.

ABSTRAK

Buku teks merupakan salah satu bahan ajar yang memiliki peran penting untuk pemahaman representasi peserta didik. Pendekatan yang bermakna dapat memberikan pemahaman pada peserta didik dengan adanya penggunaan gambar atau visual untuk menggambarkan level representasi yang berbeda pada fenomena kimia yang terdapat dalam buku teks. Salah satu materi kimia yang memerlukan peran representasi kimia untuk memberikan visualisasi yang lebih nyata bagi peserta didik tentang konsep-konsep kimia yang abstrak adalah materi ikatan kimia. Konsep dalam fenomena kimia yang menekankan pada tiga level representasi kimia dapat memberikan pemahaman secara utuh jika mampu mengaitkan ketiga level representasi tersebut. Representasi yang dihadirkan pada buku teks yang dianalisis secara umum bersumber dari website yang belum dipercaya secara ilmiah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis multirepresentasi buku teks kimia kurikulum merdeka materi ikatan kimia dengan menggunakan lima kriteria representasi kimia. Sumber data dalam penelitian ini merupakan enam buku teks kimia Kurikulum Merdeka SMA/MA yang dibandingkan dengan buku standar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keenam buku teks secara umum mempunyai jenis

representasi (C1) tipologi multiple namun, tidak ada representasi campuran, (C2) tipologi eksplisit, (C3) tipologi sepenuhnya berhubungan dan terkait, (C4) tipologi keberadaan keterangan sesuai, dan (C5) tipologi cukup terkait.

ABSTRACT

Textbooks are one of the teaching materials that have an important role in understanding student representation. A meaningful approach can provide understanding to students by using images or visuals to illustrate different levels of representation in chemical phenomena contained in textbooks. One of the chemical materials that requires the role of chemical representation to provide a more realistic visualization for students about abstract chemical concepts is chemical bonding material. The concept in chemical phenomena that emphasizes three levels of chemical representation can provide a complete understanding if it is able to link the three levels of representation. The representations presented in the textbooks that were analyzed generally came from websites that were not scientifically trusted. This study aims to analyze the multi-representation of independent curriculum chemistry textbooks on chemical bonding material using five criteria for chemical representation. The data sources in this study were six chemistry textbooks for the Independent Curriculum for SMA/MA which were compared with standard books. The results of this study indicate that the six textbooks generally have the following types of representation: (C1) multiple typology, but no mixed representation, (C2) explicit typology, (C3) fully related and related typology, (C4) typology of the existence of appropriate information, and (C5) fairly related typology.

1. PENDAHULUAN

Bahan ajar merupakan segala bentuk sumber ajar yang mengandung pesan pembelajaran baik bersifat khusus maupun umum yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pembelajaran. Bahan ajar berperan penting dalam mendukung proses pembelajaran agar peserta didik dapat memahami konsep-konsep dasar materi yang diajarkan. Salah satu bahan ajar yang digunakan disekolah adalah buku teks Magdalena *et al.*, (2020). Selain itu, penggunaan buku teks juga membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan membaca dan memahami informasi tertulis. Hal ini dapat didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Tolingguhu *et al.*, (2024) menyatakan bahwa penggunaan buku teks sebagai sumber belajar membantu peserta didik dalam memahami konsep pada materi yang

disajikan. Iswanto *et al.*, (2018) juga menyatakan pembelajaran berbasis buku teks meningkatkan hasil belajar peserta didik secara signifikan.

Menurut Gilbert & Treagust, (2009) buku teks sebagai bahan ajar utama perlu memuat multirepresentasi dalam menjelaskan fenomena kimia disekitarnya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Upahi & Ramnarain, (2023) dalam pembelajaran kimia buku teks yang cocok untuk digunakan adalah buku teks yang memuat multirepresentasi kimia, karena penggunaan gambar atau visual pada buku teks untuk menggambarkan fenomena kimia pada tingkat representasi kimia yang berbeda akan menjadi pendekatan bermakna serta memudahkan peserta didik untuk memahami suatu konsep. Oleh sebab itu, kehadiran buku teks menjadi hal yang krusial bagi keberhasilan pembelajaran (Blongkod *et al.*, 2022).

Materi ikatan kimia merupakan materi yang mempunyai konsep yang abstrak. Konsep ikatan kimia yang abstrak ini ditandai dengan kesulitan belajar pada konsep ikatan kimia dan luasnya kesalahan konsep. Permasalahan dalam pembelajaran kimia bukan hanya karena konsep yang abstrak tetapi seringkali pembelajaran memfokuskan pada level simbolik tetapi hanya sedikit penekanan pada level submikroskopik dan makroskopis (Gabel, 1993). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yustin & Wiyarsi, (2019) dalam proses pembelajaran peserta didik belum terbiasa mengaitkan kimia dengan konteks kehidupan disekitarnya sehingga peserta didik juga banyak melakukan kesalahan dalam mengidentifikasi apa yang dibutuhkan dari permasalahan tersebut.

Peserta didik seringkali gagal memahami konsep kimia karena mereka hanya menghafal definisi kimia dan berkonsentrasi pada pemecahan masalah matematika. Mereka juga sering menggunakan istilah kimia tanpa memahami konsepnya dengan baik pada tiga level representasi kimia (Suparwati, 2022). Menurut (Gilbert & Treagust, (2009) tiga level representasi kimia merupakan pemahaman bagaimana hubungan sifat dan makna dari makro, submikroskopik dan simbolik. Konsep-konsep kimia dapat dipelajari pada tiga level representasi yakni makroskopik, sub-mikroskopik dan simbolik.

Dari penelusuran yang telah peneliti lakukan, ditemukan enam buku teks kimia kurikulum merdeka yang digunakan oleh SMA/MA. Namun, setelah dilakukan observasi pada enam buku teks terlihat bahwa sumber-sumber gambar yang dimuat dalam buku teks secara umum bersumber dari website atau platform yang menyediakan stok foto, video, audio dan konten editorial. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar representasi hanya diambil dari website atau situs yang belum dapat dipercaya kebenarannya, atau bukan dari buku dan jurnal ilmiah yang telah memenuhi kaidah keilmuan yang memiliki tingkat akurasi dan validasi yang tinggi sehingga, diperlukan analisis multirepresentasi pada buku teks untuk melihat apakah representasi yang dihadirkan sudah tepat atau belum mengingat representasi itu harus benar secara konsep sehingga penelitian ini penting untuk dilakukan.

Penelitian ini sudah pernah dilakukan oleh Hasanah *et al.*, (2024) akan tetapi, buku yang digunakan dalam penelitian ini merupakan buku teks kimia umum. Selanjutnya, penelitian ini juga sudah pernah dilakukan oleh Lutviana *et al.*, (2019) namun, buku yang digunakan dalam penelitian ini masih buku teks kimia kurikulum 2013. Pada saat ini kurikulum yang digunakan sekolah adalah Kurikulum Merdeka. Akan tetapi, belum terdapat kajian serupa tentang analisis multirepresentasi kimia dalam buku teks kimia Kurikulum Merdeka khususnya pada materi ikatan kimia yang bertujuan untuk meninjau sejauh mana buku teks tersebut memenuhi kriteria representasi kimia yang mendukung proses pembelajaran. Oleh sebab itu, peneliti melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Multirepresentasi Buku Teks Kimia Kurikulum Merdeka pada Materi Ikatan Kimia".

2. METODE

2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif menggunakan analisis konten. Sumber data dalam penelitian ini adalah enam buku teks kimia kurikulum merdeka SMA/MA yang secara umum digunakan oleh sekolah di Kota Padang. Subjek dalam penelitian ini terdiri dari dua orang yaitu satu orang dosen kimia FMIPA, Universitas Negeri Padang dan peneliti itu sendiri.

2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini melibatkan tiga tahap yaitu: (1) pemilihan dan pengambilan sampel, langkah awal penelitian ini adalah melakukan observasi pada enam buku teks kimia kurikulum merdeka SMA/MA yang digunakan oleh sekolah untuk dijadikan sampel; (2) pengkodean dan analisis, analisis yang dilakukan pada multirepresentasi kimia dalam enam buku teks menggunakan instrumen yang dikembangkan oleh Gkitzia *et al.*, (2011). Tahap ini melibatkan dua orang yang terdiri dari satu orang dosen dan peneliti utama. Proses ini bertujuan untuk meninjau sejauh mana buku teks tersebut memenuhi lima kriteria representasi kimia; (3) menyimpulkan hasil analisis, hasil analisis dari kedua buku teks dibandingkan dengan buku standar, yaitu buku Jespersen, (2014) dengan judul *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. Perbandingan ini bertujuan untuk meninjau

sejauh mana representasi yang dihadirkan dalam enam buku teks kimia Kurikulum Merdeka memenuhi representasi kimia pada buku teks kimia standar.

2.3. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar analisis kriteria dan tipologi multirepresentasi kimia yang dikembangkan oleh Gkitzia *et al.*, (2011). Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan teknik analisis data kualitatif Miles dan Huberman yang terdiri dari tiga alur yaitu reduksi data (*data reduction*), penyajian data (*data display*), dan penarikan kesimpulan (*conclusion drawing*) (Sugiyono, 2013). Berikut tabel kriteria dan tipologi multirepresentasi kimia oleh Gkitzia *et al.*, (2011).

Tabel 1. Kriteria dan tipologi multirepresentasi kimia

Kriteria		Tipologi	
C1	Jenis representasi	i.	Makroskopik
		ii.	Sub-mikroskopik
		iii.	Simbolik
		iv.	Ganda/multiple
		v.	Hybrid
		vi.	Campuran
C2	Interpretasi fitur permukaan gambar	i.	Eksplisit
		ii.	Implisit
		iii.	Ambigu
C3	Keterkaitan gambar dengan teks	i.	Sepenuhnya berhubungan dan terikat
		ii.	Sepenuhnya hubungan dan tidak terkait
		iii.	Sebagian berhubungan dan terkait
		iv.	Sebagian berhubungan dan tidak terkait
		v.	Tidak berhubungan
C4	Keberadaan dan sifat dari keterangan gambar	i.	Keberadaan keterangan yang sesuai (eksplisit, jelas, singkat, komprehensif, bersifat otonomi)
		ii.	Adanya keterangan disertai masalah
		iii.	Tanpa keterangan
C5	Tingkat keterhubungan antara representasi yang terdiri dari beberapa representasi	i.	Cukup terkait
		ii.	Tidak cukup terkait
		iii.	Tidak terkait

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Hasil analisis multirepresentasi ini disajikan dalam bentuk tabel yang berisi kriteria representasi, tipologi dan jumlah representasi setiap tipologi yang terdapat didalam enam buku teks kimia. Hasil analisis tersebut disajikan dalam Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Hasil pengkodean dan analisis representasi enam buku teks kimia berdasarkan kriteria representasi kimia

Kriteria	Tipologi	Buku Teks Kimia						
		Standar	A	B	C	D	E	F
Jenis representasi (C1)	i	1	3	2	2	2	1	-
	ii	4	1	2	1	-	4	2
	iii	2	5	3	2	5	-	1
	iv	3	1	3	2	1	7	1
	v	2	4	-	2	-	6	1
	vi	-	-	-	-	-	-	-
Interpretasi fitur permukaan gambar (C2)	i	2	6	5	4	-	10	3
	ii	8	3	2	4	5	5	1
	iii	2	5	3	1	3	3	1
Keterkaitan gambar dengan	i	12	10	-	1	1	15	5
	ii	-	3	6	5	3	2	-

Kriteria	Tipologi	Buku Teks Kimia						
		Standar	A	B	C	D	E	F
teks (C3)	iii	-	-	-	2	3	1	-
	iv	-	1	4	1	1	-	-
	v	-	-	-	-	-	-	-
Keberadaan dan sifat dari keterangan gambar (C4)	i	11	6	4	5	-	16	4
	ii	1	7	6	4	4	2	1
	iii	-	-	-	-	4	-	-
Tingkat keterhubungan antara representasi yang terdiri dari beberapa representasi (C5)	i	-	-	2	-	-	7	1
	ii	3	1	1	1	1	-	-
	iii	-	-	-	-	-	-	-

Persentase dari hasil analisis multirepresentasi ini disajikan dalam bentuk tabel yang berisi kriteria representasi, tipologi dan jumlah representasi setiap tipologi yang terdapat didalam enam buku teks kimia. Hasil analisis tersebut disajikan dalam Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Jumlah persentase hasil pengkodean dan analisis representasi enam buku teks kimia berdasarkan kriteria representasi kimia

Kriteria	Tipologi	Persentase Tipologi Buku Teks Kimia						
		Standar	A	B	C	D	E	F
Jenis representasi (C1)	i	8%	21%	20%	22%	25%	6%	0%
	ii	33%	7%	20%	11%	0%	22%	40%
	iii	17%	36%	30%	22%	63%	0%	20%
	iv	25%	7%	30%	22%	13%	39%	20%
	v	17%	29%	0%	11%	0%	33%	20%
	vi	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Interpretasi fitur permukaan gambar (C2)	i	17%	43%	50%	44%	0%	56%	60%
	ii	67%	21%	20%	44%	63%	28%	20%
	iii	17%	36%	30%	11%	38%	17%	20%
Keterkaitan gambar dengan teks (C3)	i	100%	71%	0%	11%	13%	83%	100%
	ii	0%	21%	60%	56%	38%	11%	0%
	iii	0%	0%	0%	22%	38%	6%	0%
	iv	0%	7%	40%	11%	13%	0%	0%
	v	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Keberadaan dan sifat dari keterangan gambar (C4)	i	92%	43%	40%	56%	0%	89%	80%
	ii	8%	57%	60%	44%	50%	11%	20%
	iii	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%
Tingkat keterhubungan antara representasi yang terdiri dari beberapa representasi (C5)	i	0%	0%	20%	0%	0%	39%	20%
	ii	25%	7%	10%	11%	13%	0%	0%
	iii	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan data hasil analisis multirepresentasi dan jumlah persentase setiap tipologi kriteria representasi pada buku A, buku B, buku C, buku D, buku E, dan buku F yang memiliki perbedaan masing-masing kriterianya sebagai berikut:

Kriteria jenis representasi (C1) bertujuan untuk mengidentifikasi jenis representasi yang dimuat dalam keenam buku teks. Kriteria C1 ini memiliki enam tipologi seperti yang terlihat pada Tabel 1. Data hasil analisis multirepresentasi kimia pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pada buku A, buku D secara umum memuat tipologi simbolik (iii) dengan persentase sebesar 36% dan 63%, buku B secara umum memuat tipologi simbolik (iii) dan *multiple* (iv) dengan persentase masing-masing sebesar 30%, buku C secara umum memuat tipologi makroskopik (i), sub-mikroskopik (ii), simbolik (iii), *hybrid* (v) masing-masing dengan persentase sebesar 22%, buku E secara umum memuat tipologi *multiple* (iv) dengan persentase sebesar 39%, dan buku F secara umum memuat tipologi sub-mikroskopik (ii) dengan persentase sebesar 40%. Akan tetapi, untuk tipologi campuran (vi) untuk keenam

buku memiliki persentase sebesar 0% yang artinya tidak terdapat satupun tipologi campuran (vi) pada buku yang dianalisis dalam penelitian ini.

Kriteria C2 memiliki tujuan untuk menganalisis elemen penyusun dari representasi (interpretasi fitur permukaan) yang dilabeli atau ditunjuk dengan jelas dalam sebuah representasi. Kriteria C2 terdiri dari tiga tipologi diantaranya: i) eksplisit, ii) implisit, iii) ambigu. Dari data hasil analisis pada Tabel 3 menunjukkan kriteria interpretasi fitur permukaan (C2) pada buku A dan buku B secara umum memuat tipologi eksplisit (i) dengan masing-masing persentase sebesar 43% dan 50%, buku C secara umum memuat dua tipologi yaitu tipologi eksplisit (i) dan implisit (ii) dengan persentase masing-masing sebesar 44%, buku D secara umum memuat tipologi implisit (ii) dengan persentase sebesar 63%, buku E dan buku F secara umum memuat tipologi eksplisit (i) dengan persentase sebesar 56% dan 60%.

Kriteria C3 memiliki tujuan untuk menganalisis bagaimana keterkaitan representasi dengan teks yang dimuat dalam buku teks. Kriteria C3 ini memiliki lima tipologi seperti yang terlihat pada Tabel 1. Dari data hasil analisis Tabel 3 menunjukkan pada buku A secara umum memuat tipologi sepenuhnya berhubungan dan terkait (i) dengan persentase sebesar 71%, buku B dan buku C secara umum memuat tipologi sepenuhnya berhubungan dan tidak terkait (ii) dengan persentase sebesar 60% dan 56%, buku D secara umum memuat tipologi sepenuhnya berhubungan dan tidak terkait (ii) dan sebagian berhubungan dan terkait dengan persentase masing-masing sebesar 38%, buku E dan buku F secara umum memuat tipologi sepenuhnya berhubungan dan terkait (i) dengan persentase masing-masing sebesar 83% dan 100%.

Kriteria C4 memiliki tujuan untuk menganalisis keterangan gambar (caption) dari representasi yang dimuat dalam buku teks. Kriteria ini memuat tiga tipologi seperti yang terlihat pada Tabel 1. Dari data hasil analisis Tabel 3 menunjukkan kriteria keberadaan dan sifat dari keterangan gambar (C4) pada masing-masing buku teks diantaranya: buku A dan buku B secara umum memuat tipologi adanya keterangan disertai masalah (ii) dengan persentase masing-masingnya sebesar 57% dan 60%, buku C tipologi secara umum memuat keberadaan keterangan sesuai (eksplisit, jelas, singkat, komprehensif, bersifat otonomi) (i) dengan persentase sebesar 56%, buku D secara umum memuat tipologi adanya keterangan disertai masalah (ii) dan tanpa keterangan (iii) masing-masingnya memiliki persentase sebesar 50%, buku E dan buku F secara umum memuat tipologi keberadaan keterangan sesuai (eksplisit, jelas, singkat, komprehensif, bersifat otonomi) (i) dengan persentase sebesar 89% dan 80%.

Kriteria C5 ini memiliki tujuan untuk menganalisis hubungan antar representasi yang dimuat dalam gambar pada buku teks diantaranya representasi makroskopik, representasi sub-mikroskopik dan representasi simbolik yang dihubungkan dengan jelas akan tetapi, dengan syarat representasi yang dihadirkan oleh kriteria C1 representasinya adalah *multiple*. Kriteria C5 ini memuat tiga tipologi seperti yang ada pada Tabel 1. Dari data hasil analisis Tabel 3 menunjukkan pada buku A secara umum memuat tipologi tidak cukup terkait (ii) dengan persentase sebesar 7%, buku B secara umum memuat tipologi cukup terkait (i) dengan persentase sebesar 20%, buku C dan buku D secara umum memuat tipologi tidak cukup terkait (ii) dengan persentase masing-masing sebesar 11% dan 13%, buku E dan buku F secara umum memuat tipologi cukup terkait (i) dengan persentase masing-masing sebesar 39% dan 20%.

3.2. Pembahasan

Analisis kriteria dan tipologi multirepresentasi buku kimia Kurikulum Merdeka ini menelaah representasi yang terdapat pada enam buku teks kimia Kurikulum Merdeka. Analisis multirepresentasi ini juga memperhatikan konsep yang terdapat pada buku teks kimia A, buku teks kimia B, buku teks kimia C, buku teks kimia D, buku teks kimia E dan buku teks kimia F apakah sudah tepat pada materi ikatan kimia. Berdasarkan hal tersebut peneliti menggunakan buku teks kimia standar yang menjadi rujukan terhadap konsep materi ikatan kimia yaitu buku teks kimia karangan Jespersen, (2014) edisi ke-7 yang diberi kode buku standar. Pada umumnya, konsep dan gambar representasi yang terdapat pada buku teks kimia A, buku teks kimia B, buku teks kimia C, buku teks kimia D, buku teks kimia E, dan buku teks kimia F sudah benar dan sesuai dengan buku teks kimia standar. Namun, ternyata masih terdapat beberapa kesalahan konsep. Hal yang menjadi kesalahan konsep akan dibahas pada bagian analisis representasi kimia menggunakan kriteria representasi kimia yang dikembangkan oleh Gkitzia *et al.*, (2011).

Hasil analisis representasi kimia keenam buku ini berfokus pada representasi *multiple* dan sub-mikroskopik, hanya sedikit yang melibatkan representasi makroskopik. Representasi *multiple* adalah representasi yang menggambarkan satu fenomena kimia pada dua atau tiga tingkat representasi kimia secara bersamaan sedangkan representasi sub-mikroskopik adalah suatu representasi yang menggambarkan struktur dan pergerakan partikel materi yang nyata, tetapi terlalu kecil untuk diamati (atom, molekul, ion, elektron, dll) (Wu & Shah, 2004). Selanjutnya, Representasi makroskopik adalah suatu representasi yang menggambarkan berbagai hal yang nyata atau fenomena yang dapat diamati dengan panca indra (Gilbert & Treagust, 2009). Pada buku standar terdapat dua belas gambar, buku A terdapat empat belas gambar, buku B terdapat sepuluh gambar, buku C terdapat sembilan gambar, buku D terdapat delapan gambar, buku E terdapat delapan belas gambar, dan buku F terdapat lima gambar.

Hasil analisis representasi buku teks kimia materi ikatan kimia berdasarkan kriteria dan tipologi yang dikembangkan oleh Gkitzia *et al.*, (2011). yang dijelaskan sebagai berikut:

Jenis representasi pada buku A secara umum memuat representasi simbolik yang mempunyai persentase sebesar 36%. Representasi simbolik ini menjelaskan konsep ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinasi, dan struktur lewis pada ikatan kovalen dan pada representasi *hybrid* sebesar 29% menjelaskan konsep ikatan ion, ikatan kovalen polar dan nonpolar, dan ikatan logam. Selanjutnya, representasi makroskopik sebesar 21% menjelaskan konsep kestabilan atom, ikatan ion, dan ikatan logam. Selanjutnya, representasi hanya sub-mikroskopik dan *multiple* masing-masing sebesar 7% meliputi representasi sub-mikroskopik yang menjelaskan konsep kestabilan atom dan representasi *multiple* menjelaskan konsep ikatan kovalen polar dan nonpolar.

Buku B secara umum memiliki jenis representasi simbolik dan *multiple* memiliki persentase masing-masing sebesar 30%. Namun, tidak ada jenis representasi *hybrid* dan campuran yang disajikan di dalam buku teks B. Konsep ikatan kimia yang terdapat pada representasi simbolik meliputi konsep ikatan kovalen dan senyawa kovalen polar dan nonpolar. Sedangkan pada representasi *multiple*, representasi pada buku B menjelaskan konsep sifat senyawa ion dan ikatan kovalen. Representasi makroskopik dan sub-mikroskopik mempunyai jumlah persentase masing-masingnya hanya sebesar 20%. Pada jenis representasi makroskopik buku B menjelaskan konsep kestabilan atom dan sifat senyawa ionik sedangkan pada jenis representasi sub-mikroskopik pada buku B menjelaskan konsep ikatan ion.

Jenis representasi pada buku C secara umum memuat representasi makroskopik, simbolik, *multiple*, dan *hybrid* dengan persentase masing-masing sebesar 22%. Namun, pada buku C tidak ada terdapat representasi campuran di dalamnya. Representasi makroskopik pada buku C menjelaskan konsep sifat senyawa ion dan sifat senyawa kovalen. Representasi simbolik pada buku C menjelaskan konsep ikatan kovalen dan ikatan kovalen koordinasi. Representasi *multiple* pada buku C menjelaskan konsep ikatan sigma dan ikatan phi. Representasi *hybrid* pada buku C menjelaskan konsep proses pembentukan ikatan ion dan ikatan kovalen dan konsep ikatan logam. Selanjutnya, hanya terdapat 11% representasi sub-mikroskopik yang menjelaskan konsep ikatan ion.

Buku D secara umum memiliki jenis representasi simbolik dengan persentase sebesar 63%. Representasi simbolik ini menjelaskan konsep struktur lewis, ikatan kovalen polar dan ikatan kovalen koordinasi. Namun, pada buku D tidak ada representasi hanya sub-mikroskopik, *hybrid*, dan campuran. Akan tetapi, untuk representasi submikroskopik pada buku D terintegrasi di dalam representasi *multiple* sebesar 13%. Representasi sub-mikroskopik yang terintegrasi di dalam representasi *multiple* menjelaskan konsep sifat fisika dan kimia pada grafit dan intan. Pada buku D terdapat representasi makroskopik sebesar 25%. Representasi makroskopik pada buku D menjelaskan konsep struktur lewis dan ikatan logam. Selanjutnya, hanya terdapat 13% representasi *multiple* pada buku D. representasi *multiple* pada buku D menjelaskan konsep sifat fisika dan kimia pada grafit dan intan.

Jenis representasi pada buku E secara umum memuat representasi *multiple* dan *hybrid* dengan persentase masing-masing sebesar 39% dan 33%. Representasi *multiple* pada buku E menjelaskan konsep ikatan ion, sifat-sifat senyawa ion, konfigurasi elektron, kestabilan atom, pembentukan senyawa ion dan pembentukan ikatan kovalen sedangkan representasi *hybrid* pada buku E menjelaskan konsep sifat senyawa ion, pembentukan ikatan ion, dan pembentukan ikatan kovalen. Namun, buku E tidak ada memuat representasi hanya simbolik dan campuran. Pada buku E representasi simbolik umumnya terintegrasi di dalam representasi *multiple*. Representasi sub-mikroskopik pada buku E memiliki persentase sebesar 22%. Representasi sub-mikroskopik pada buku E ini menjelaskan konsep ikatan ion, sifat-sifat senyawa ion, perbedaan keelektronegatifan dan ikatan logam. Sementara itu, pada buku E hanya memuat representasi makroskopik sebanyak 6% yang menjelaskan konsep pembentukan NaCl.

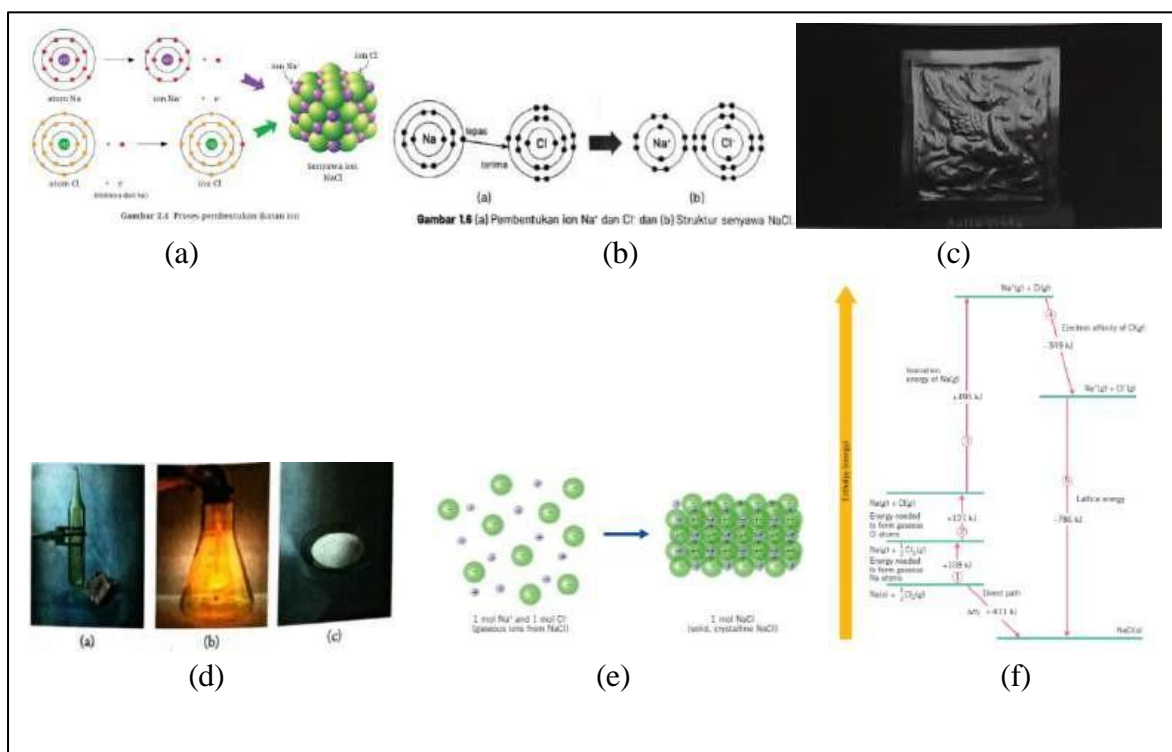
Buku F secara umum memuat jenis representasi sub-mikroskopik dengan persentase sebesar 40%. Representasi sub-mikroskopik pada buku F menjelaskan konsep pembentukan ikatan ion dan ikatan logam. Namun, pada buku F tidak ada memuat representasi makroskopik dan representasi campuran. Pada buku F memuat representasi simbolik, *multiple* dan *hybrid* dengan persentase masing-masing sebesar 20%. Representasi simbolik pada buku F menjelaskan konsep kestabilan atom. Representasi *multiple* menjelaskan konsep ikatan kovalen. Representasi *hybrid* menjelaskan konsep ikatan ion.

• Kriteria ke-1 (C1): Jenis Representasi

Jenis representasi kriteria pertama (C1) pada keenam buku kimia Kurikulum Merdeka secara umum menghadirkan representasi *multiple* dan sub-mikroskopik. Hal ini berbanding terbalik dengan jumlah yang cukup rendah pada representasi makroskopik. Sementara itu, pada representasi campuran tidak ada pada keenam buku kimia tersebut. Adanya gambar dengan representasi sub-mikroskopik membantu peserta didik membayangkan bagaimana suatu konsep dijelaskan dalam bentuk partikulat atau molekular. Tingkat sub-mikroskopik tentang dunia atom dan turunannya, yang tidak bisa diamati dan penjelasannya dapat diberikan dalam bentuk representasi visual, misalnya dalam bentuk grafik ataupun diagram grafik dalam bentuk dua dimensi atau pada bentuk material (Gilbert & Treagust, 2009). Materi ikatan kimia secara umum memuat tiga konsep utama diantaranya, konsep ikatan ion, konsep ikatan kovalen, dan konsep ikatan logam. Ikatan ion merupakan ikatan kimia yang terbentuk

karena adanya daya tarik-menarik antara ion positif dan ion negatif dalam senyawa ionik. Selanjutnya, Ikatan kovalen merupakan ikatan kimia yang terbentuk dengan berbagi pasangan elektron secara keseluruhan (Jespersen, 2014).

Konsep ikatan ion pada pembentukan senyawa ion menghadirkan jenis representasi yang berbeda. Buku A pada konsep pembentukan ikatan ion memuat jenis representasi *hybrid* (sub-mikroskopik dan simbolik). Buku B tidak ada menjelaskan konsep pembentukan ikatan ion. Buku C dan buku F pada konsep pembentukan ikatan ion memuat jenis representasi sub-mikroskopik menggunakan konfigurasi atom Bohr. Buku D dan E pada konsep pembentukan ikatan ion memuat jenis representasi makroskopik. Buku E pada konsep pembentukan ikatan ion juga memuat jenis representasi *multiple* (makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik). Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut:

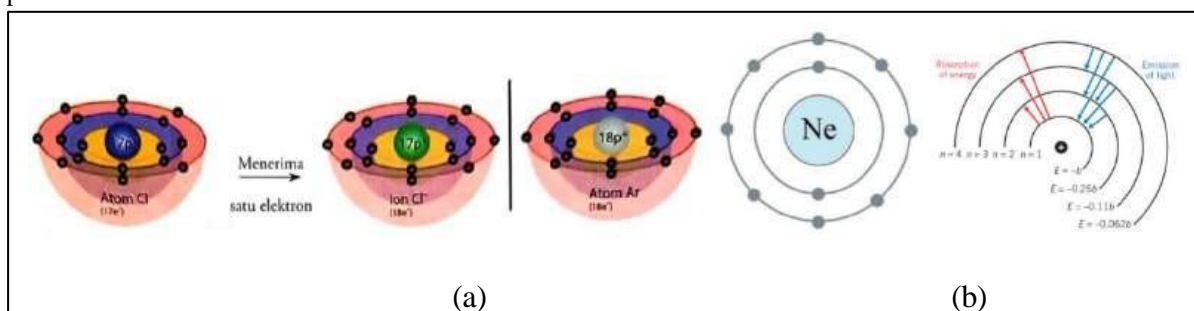


Gambar 1. (a) konsep pembentukan ikatan ion representasi *hybrid* (sub-mikroskopik dan simbolik) buku A, (b) konsep pembentukan ikatan ion representasi sub-mikroskopik buku C dan F, (c) konsep pembentukan ikatan ion representasi makroskopik buku D. (d) konsep pembentukan ikatan ion representasi makroskopik buku E, (e) konsep pembentukan ikatan ion representasi *multiple* (sub-mikroskopik dan simbolik) buku standar, (f) konsep pembentukan ikatan ion representasi sub-mikroskopik buku standar.

Representasi yang dihadirkan pada Gambar 1 merupakan representasi yang memuat konsep ikatan ion yang berada pada beberapa buku teks kurikulum merdeka dan buku standar. Representasi ini membahas konsep pembentukann ikatan ion. Gambar 1 (a) merupakan jenis representasi *hybrid* yang terintegrasi representasi sub-mikroskopik dan simbolik didalamnya. Gambar 1 (a) menjelaskan secara sub-mikroskopik (konfigurasi atom Bohr dan bentuk kristal ion NaCl) dan simbolik untuk proses atom Na melepas satu elektron sehingga protonnya berlebih satu menjadi ion Na^+ dan atom Cl menerima satu elektron menjadi ion Cl^- . Selanjutnya ion Na^+ dan Cl^- menjadinya senyawa ion NaCl. Gambar 1 (b) menjelaskan pembentukan senyawa ion dengan representasi sub-mikroskopik dengan menggambarkan prosesnya ion Na^+ dan Cl^- menjadi pasangan ion NaCl menggunakan konsep konfigurasi atom Bohr. Gambar 1 (c) menjelaskan pembentukann ikatan ion hanya dengan memuat representasi makroskopik berupa kerajinan dari logam tembaga karena pada buku teks D menjelaskan ikatan ion terbentuk dari atom logam dan non logam yang memiliki perbedaan keelektronegatifan. Gambar 1 (d) menjelaskan pembentukann senyawa ion dengan representasi makroskopik dengan memuat tiga gambar diantaranya, gambar pertama merepresentasikan natrium dan klorin sebelum direaksikan, gambar kedua merepresentasikan natrium dan klorin saat direaksikan dan gambar ketiga merepresentasikan natrium klorida hasil reaksi antara natrium dan klorin. Gambar 1 (e) dan Gambar 1 (f) merupakan representasi yang dihadirkan pada konsep pembentukan senyawa ion di buku standar. Pada Gambar 1 (e) memuat representasi *multiple* (sub-mikroskopik dan simbolik) yang menjelaskan ion Na^+ dan Cl^- dalam fasa gas bereaksi karena adanya peran energi kisi didalamnya sehingga membentuk senyawa ion NaCl dalam fasa solid. Selanjutnya pada gambar 1 (f) merepresentasikan pembentukan

senyawa ion representasi sub-mikroskopik yang menjelaskan konsep ini menggunakan siklus Born-Haber. Siklus Born-Haber menggambarkan proses pembentukan senyawa ion NaCl yang melibatkan semua perubahan energi selama prosesnya (tahap 1: energi sublimasi, tahap 2: energi disosiasi, tahap 3: energi ionisasi, tahap 4: afinitas elektron, dan tahap 5: energi kisi) yang mana energi kisi ini yang memberikan pengaruh utama stabilitas senyawa ion sehingga memungkinkan NaCl terbentuk dari unsur-unsurnya (Jespersen, 2014).

Jenis representasi yang dihadirkan pada Gambar 1 (a) dan Gambar 1 (b) sudah menggunakan representasi sub-mikroskopik untuk menjelaskan pembentukan senyawa ion. Namun, sub-mikroskopik yang dihadirkan terjadi kesalahan konsep karena menggunakan konfigurasi elektron atom Bohr untuk menjelaskan transfer elektron antara atom Na dan Cl sehingga menjadi ion Na^+ dan Cl^- yang kemudian membentuk senyawa ion NaCl. Menurut Jespersen (2014) bahwa teori atom Bohr tidak mampu menjelaskan secara kuantitatif spektrum atom dengan lebih dari satu elektron dengan kata lain Bohr hanya dapat menjelaskan spektrum atom hidrogen. Sehingga, Gambar 1 (a) dan Gambar 1 (b) hendaknya menggambarkan representasi dan konsepnya sesuai dengan buku kimia standar. Selanjutnya jenis representasi yang dihadirkan oleh Gambar 1 (c) dan Gambar 1 (d) hanya menyajikan representasi makroskopik untuk menjelaskan konsep pembentukan ikatan ion sedangkan proses pembentukan ion ini terjadi pada level sub-mikroskopik yang tidak dapat dilihat secara langsung. Kedua buku ini hendaknya menambahkan representasi sub-mikroskopik pada gambar yang disajikan dalam buku sehingga membantu peserta didik untuk memahami konsep di buku teks. Oleh karena itu, penyajian representasi sub-mikroskopik penting dalam membantu peserta didik dalam memahami suatu konsep atau fenomena yang terlibat di dalamnya (Gkitzia *et al.*, 2011). Berikut ini contoh dari representasi yang dihadirkan dalam buku kimia Kurikulum Merdeka dan merujuk pada buku kimia standar:

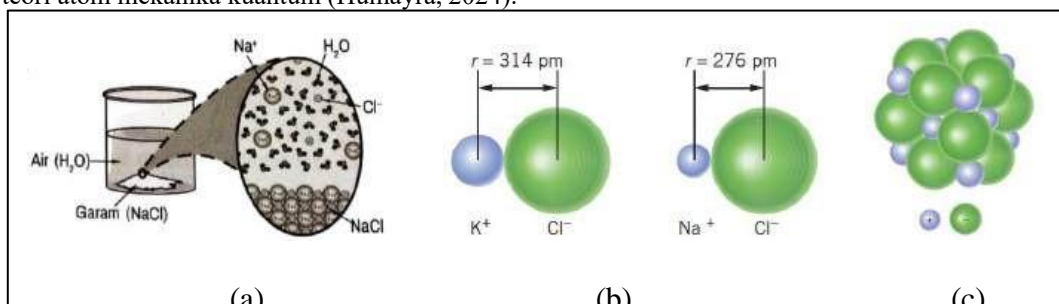


Gambar 2. (a) Jenis representasi *hybrid* pada buku teks E, (b) Jenis representasi sub-mikroskopik pada buku teks A dan (c) Jenis representasi sub-mikroskopik pada buku standar

Konsep yang dipaparkan pada Gambar 2 (a) pada buku E dengan jenis representasi hybrid menjelaskan bahwa konfigurasi elektron atom Cl ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) belum mengikuti konfigurasi gas mulia sehingga atom Cl belum stabil. Dalam usaha mencapai kestabilannya, atom Cl akan menyesuaikan konfigurasi elektronnya seperti gas mulia Argon agar mencapai kestabilan. Representasi yang di ditampilkan berupa konfigurasi atom Cl dengan inti atomnya proton bermuatan positif sebanyak tujuh belas proton dan diluarnya terdapat tiga sub kulit sebagai lintasan elektron yang mana subkulit pertama terdapat dua elektron, subkulit kedua terdapat delapan elektron dan subkulit ketiga terdapat tujuh elektron yang kemudian subkulit ketiga menerima satu elektron sehingga jumlah elektron pada Cl menjadi 18 elektron dan inti atom melepas satu proton sehingga menjadi ion Cl^- bermuatan negatif satu mencapai kestabilan seperti gas mulia atom argon. Hal serupa juga dipaparkan pada Gambar 2 (b) pada buku A yang memiliki jenis representasi sub-mikroskopik menjelaskan bahwa suatu atom berupaya mencapai kestabilannya dengan cara menerima atau melepaskan elektron. Konfigurasi dinyatakan stabil ketika jumlah elektron terluarnya dua (duplet) dan delapan (oktet) seperti konfigurasi gas mulia. Representasi yang ditampilkan pada Gambar 2 (b) menampilkan konfigurasi elektron Bohr dengan dua subkulit sebagai lintasan elektron. Pada subkulit pertama terdapat dua elektron dan pada subkulit kedua terdapat delapan elektron yang tampak bahwa konfigurasi Ne merupakan konfigurasi gas mulia yang memenuhi aturan oktet dan mencapai kestabilan.

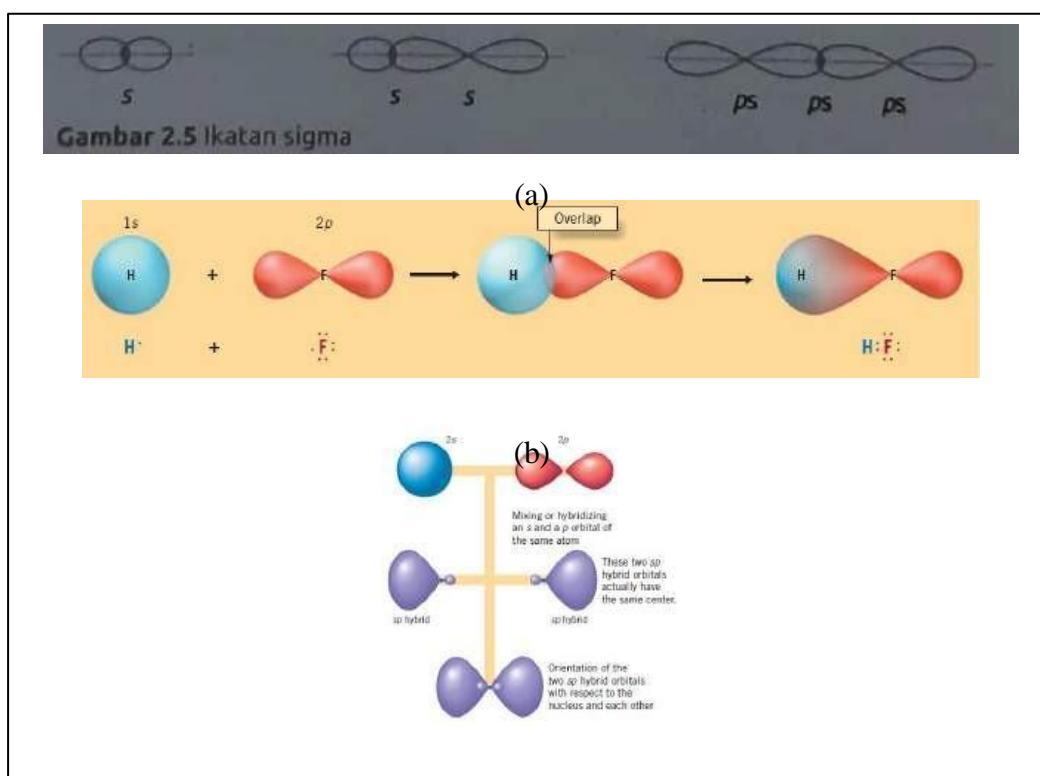
Konsep yang disampaikan Bohr pada gambar representasi diatas kurang tepat, dikarenakan seharusnya berdasarkan penjelasan yang disampaikan Bohr itu hanya berlaku pada atom hidrogen dan tidak berlaku pada atom selain hidrogen. Hal ini sesuai dengan konsep yang disampaikan oleh Jespersen, (2014) pada Gambar 2 (c) bahwa teori atom Bohr tidak mampu menjelaskan secara kuantitatif spektrum atom dengan lebih dari satu elektron dengan kata lain Bohr hanya dapat menjelaskan spektrum atom hidrogen. Pada representasi digambarkan pada Gambar 2 (a) dan Gambar 2 (b) bahwasannya pada setiap kulit Cl dan Ne terdapat jumlah elektron (bulat-bulat berwarna hitam dan biru tua) yang berbeda jumlahnya tergantung pada konfigurasi yang mengelilingi inti atom Cl dan atom Ne (berwarna hitam dan biru tua) dengan demikian dikatakan bahwasannya gambar representasi tersebut kurang tepat. Gambar representasi konfigurasi elektron tersebut seharusnya ada setelah teori mekanika kuantum ditemukan, bukan pada saat teori atom Bohr, hal ini sesuai dengan konsep yang disampaikan oleh (Jespersen, 2014) bahwa posisi elektron untuk menentukan struktur atom dapat digambarkan melalui model atom mekanika

kuantum yang dikenal dengan bilangan kuantum. Oleh karena itu, penentuan konfigurasi elektron pada atom selain hidrogen pada teori atom Bohr tidak tepat, dikarenakan teori atom Bohr hanya berlaku pada atom hidrogen. Namun, model ini memiliki beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan, sehingga diperlukan penyempurnaan melalui teori atom mekanika kuantum (Humayra, 2024).



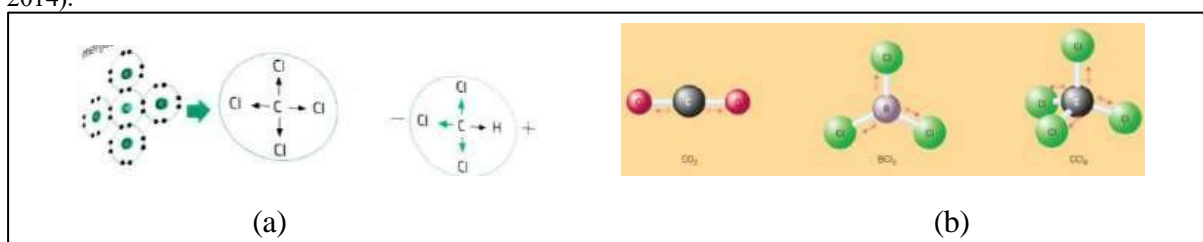
Gambar 3. (a) Jenis representasi *multiple* pada buku teks C, (b) Jenis representasi sub-mikroskopik pada buku standar, (c) Jenis representasi sub-mikroskopik pada buku standar

Representasi yang disajikan pada Gambar 3 (a) merupakan jenis representasi *multiple*. Representasi *multiple* adalah representasi yang menggambarkan satu fenomena kimia pada dua atau tiga tingkat representasi kimia secara bersamaan (Wu & Shah, 2004). Representasi yang ditampilkan pada Gambar 3 (a) menjelaskan sifat senyawa ionik yang mudah larut di dalam air. Akan tetapi, pada gambar yang disajikan memiliki kesalahan konsep pada representasi sub-mikroskopik yang terintegrasi di dalam representasi *multiple*. Kesalahan konsep ini terletak pada representasi ion Na^+ dan Cl^- . Pada gambar 3 (a) yang disajikan terlihat ukuran ion Na^+ lebih kecil dibandingkan dengan ukuran ion Cl^- . Seharusnya ukuran ion Cl^- lebih besar dibandingkan dengan ion Na^+ . Gambar 3 (b) menunjukkan representasi pada buku standar dengan jenis representasi sub-mikroskopik. Gambar 3 (b) menjelaskan konsep ikatan ion. Ikatan ionik merupakan gaya tarik-menarik antara ion positif dan negatif di dalam senyawa ionik (Jespersen, 2014). Pada gambar 3 (b) dan Gambar 3 (c) merupakan representasi sub-mikroskopik yang menjelaskan konsep energi kisi dan pengaruh ukuran ion terhadap energi kisi. Energi kisi merupakan energi yang dibutuhkan untuk memisahkan ion-ion dalam satu mol zat padat untuk menghasilkan awan ion gas (Jespersen, 2014). Pada Gambar 3 (b) dan Gambar 3 (c) ini memuat representasi yang tepat untuk ukuran ion dari Na^+ dan Cl^- . Pada kedua gambar terlihat ukuran ion Cl^- lebih besar dibandingkan dengan ukuran ion pada ion Na^+ .



Gambar 4. (a) Jenis representasi *multiple* pada buku C, (b) Jenis representasi *multiple* pada buku standar dan (c) Jenis representasi *multiple* pada buku standar

Gambar 4 menjelaskan konsep bentuk molekul pada ikatan sigma yang terjadi akibat tumpang tindih pada orbital atom-atom. Ikatan sigma ini lebih kuat dibandingkan dengan ikatan phi karena memiliki tumpang tindih yang maksimum. Representasi yang dipaparkan pada buku teks C merupakan jenis representasi *hybrid* dengan representasi simbolik (simbol ikatan sigma) dan bentuk ikatan yang terjadi yaitu pertama bentuk ikatan sigma s, kedua ikatan sigma s dengan s, dan gambar ikatan p dengan s. Akan tetapi, representasi simbolik dan sub-mikroskopik yang ditampilkan pada gambar memiliki kesalahan konsep dalam menggambarkan sub-mikroskopik dari ikatan sigma s, ss, dan ps. Sehingga, representasi *multiple* ini tidak memiliki tingkat keterhubungan pada kedua jenis representasi. Konsep ikatan sigma yang tepat terdapat dalam Jespersen, (2014) dengan jenis representasi *multiple* yang terdiri dari representasi simbolik dan sub-mikroskopik. Representasi ini menampilkan gambar pembentukan molekul menurut teori ikatan valensi yang terlihat langsung cara penulisan orbital 1s dan 2s dengan satu lingkaran (orbital) dan cara penulisan orbital sp yang benar terjadi overlap diantara s dan p bukan seperti representasi yang dihadirkan oleh Gambar 4 (a). Teori ikatan valensi membayangkan atom-atom individual, masing-masing dengan orbitalnya sendiri, bergabung membentuk suatu ikatan kovalen. Teori ikatan valensi memandang molekul sebagai kumpulan inti yang memiliki muatan positif yang dikelilingi oleh elektron yang menempati sekumpulan orbital molekul, sama seperti elektron dalam atom menempati orbital atom (Jespersen, 2014).



Gambar 5. (a) Representasi sub-mikroskopik pada buku C dan (b) Representasi sub-mikroskopik pada buku standar

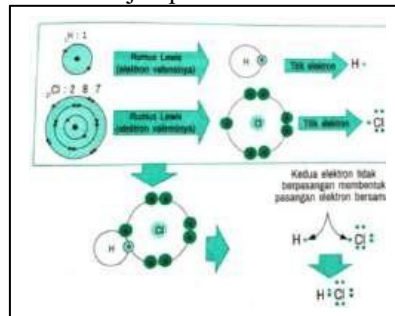
Representasi yang dihadirkan pada Gambar 5 (a) merupakan jenis representasi sub-mikroskopik pada buku C. representasi ini menjelaskan kepolaran suatu molekul tidak hanya dikarenakan oleh perbedaan keelektronegatifannya tetapi juga disebabkan bentuk molekulnya yang simetris sehingga menyebabkan kutub positif dan negatifnya berada ditengah-tengah molekul sehingga momen dipolnya bernilai nol, maka molekulnya nonpolar. Pada representasi yang disajikan oleh Gambar 5 (a) ini terjadi kesalahan konsep di gambar yang dimaksud untuk menjelaskan kepolaran suatu molekul kloroform (CHCl_3) yaitu tanda panah atom C ke atom H yang menandakan H memiliki kutub positif dan C memiliki kutub negatif. Representasi pada Gambar 5 (a) hendaknya membalikan tanda panah yang ada diantara atom C dan atom H ke arah kiri karena atom H memiliki kutub positif sehingga representasi yang dihadirkan menjadi benar seperti yang disajikan oleh Gambar 5 (b) jenis representasi sub-mikroskopik pada buku standar yang menjelaskan bentuk molekul dan pengaruhnya terhadap momen dipol. Representasi ini memuat tiga bentuk molekul nonpolar yaitu molekul CO_2 , BCl_3 dan CCl_4 yang menunjukkan tiga molekul yang penambahan vektor dipol ikatannya menyebabkan pembatalan total dan momen dipolnya sama dengan nol. Menurut Jespersen, (2014) elektron tidak selalu terdistribusi secara merata dalam suatu molekul, dan ketika hal ini terjadi, momen dipol molekul akan terbentuk. Momen dipol keseluruhan suatu molekul akan mempengaruhi sifat kimia dan fisiknya. Meskipun suatu molekul mempunyai ikatan polar, penambahan vektor dipol ikatannya menghasilkan momen dipol nol, yang berarti molekul-molekul tersebut nonpolar.

• Kriteria ke-2 (C2): Interpretasi Fitur Permukaan

Kriteria C2 ini mempunyai tujuan untuk meninjau sejauh mana fitur permukaan (karakteristik setiap elemen-elemen yang membangun representasi atau gambar yang dihadirkan dalam buku teks) diberi label (keterangan/penjelasan dari setiap bagian) dengan jelas. Tiga tipologi ini dikembangkan dan dapat digunakan untuk menganalisis kriteria representasi C2 yang berada pada Tabel 1. Berdasarkan enam buku teks kimia kurikulum merdeka yang dianalisis diperoleh bahwa pada buku A, buku B, buku E, dan buku F secara umum memuat gambar yang interpretasi fitur permukaannya disajikan secara eksplisit dengan persentase masing-masing sebesar 43%, 50%, 56%, dan 60% Pada buku C dan buku D secara umum memuat gambar yang interpretasi fitur permukaannya disajikan secara implisit dengan persentase masing-masing sebesar 44% dan 63%. Namun, pada buku D selain memuat representasi implisit buku D pada umumnya juga memuat kriteria representasi tipologi ambigu sebesar 38%.

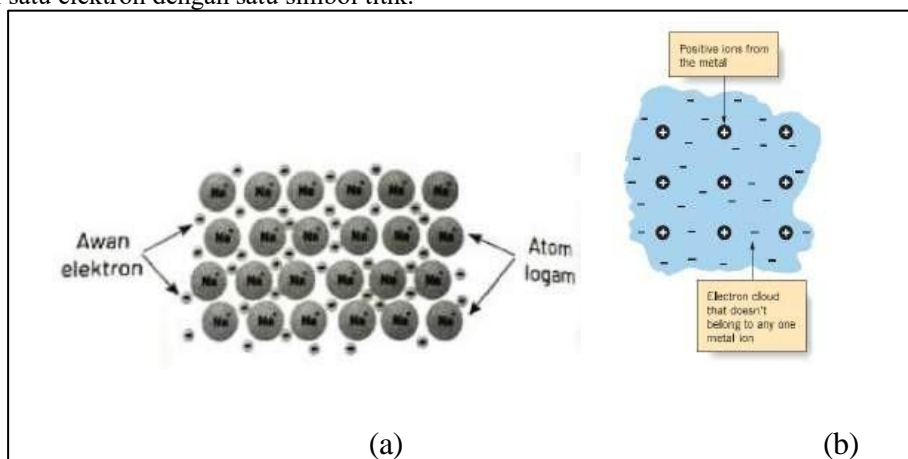
Berdasarkan jenis representasi yang terdapat dalam buku A, buku B, buku C, buku D, buku E dan buku F sesuai dengan kriteria C2 yaitu sebagai berikut: interpretasi permukaan eksplisit adalah semua fitur permukaan atau elemen pada suatu representasi disebutkan dengan jelas. Interpretasi fitur permukaan implisit adalah hanya sebagian fitur permukaan atau elemen pada representasi dilabeli atau ditunjukkan dengan jelas. Interpretasi fitur

permukaan ambigu adalah tidak ada fitur permukaan atau elemen pada representasi dilabeli atau ditunjukkan dengan jelas (Gkitzia *et al.*, 2011). Berikut beberapa contoh dari interpretasi fitur permukaan yang dihadirkan dalam buku kimia Kurikulum Merdeka dan merujuk pada buku kimia standar:



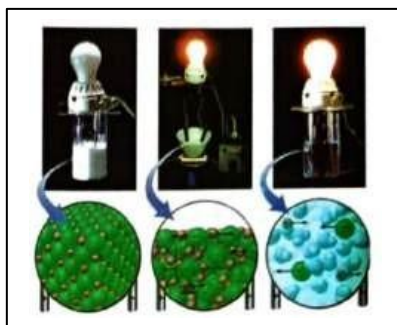
Gambar 6. Interpretasi fitur permukaan eksplisit pada buku B

Gambar 6 merupakan representasi multiple dengan tipologi (i) interpretasi fitur permukaan eksplisit yang terdapat dalam buku B. Representasi tersebut menjelaskan konsep pembentukan ikatan kovalen dengan merepresentasikan konfigurasi elektron atom Bohr dan simbol Lewis. Namun, pada representasi yang disajikan terdapat kesalahan istilah pada fitur permukaannya. Pada fitur permukaan terdapat frasa “Titik elektron” yang menunjukkan struktur Lewis pada atom H dan atom Cl. Pada representasi ini hendaknya frasa “Titik elektron” diganti dengan frasa “Simbol Lewis atau Struktur Lewis” karena simbol lewis ini menunjukkan konfigurasi elektron pada suatu atom, molekul atau senyawa dengan memuat simbol titik atau juga dikenal dengan *dot symbol* yang mewakili satu elektron dengan satu simbol titik.



Gambar 7. (a) Interpretasi fitur permukaan tipologi (i) eksplisit pada buku E dan (b) Interpretasi fitur permukaan tipologi (i) eksplisit pada buku A

Gambar 7 (a) merupakan contoh representasi sub-mikroskopik dengan tipologi (i) interpretasi fitur permukaan eksplisit yang terdapat dalam buku E. Representasi tersebut menjelaskan konsep pembentukan ikatan logam dengan merepresentasikan atom logam yang berada pada struktur kisi logam yang ditempati oleh ion positif dari logam dan awan elektron disekelilingnya yang dibentuk oleh elektron valensi yang tersebar diseluruh permukaan kristal logam (Jespersen, 2014). Namun, pada representasi yang disajikan terdapat kesalahan istilah pada fitur permukaannya. Pada fitur permukaan terdapat frasa “Atom logam” yang menunjukkan ion logam yang bermuatan positif. Pada representasi ini hendaknya frasa “Atom Logam” diganti dengan frasa “Ion logam yang bermuatan positif” karena atom tidak memiliki muatan atau bersifat netral. Sedangkan atom pada logam bermuatan positif sehingga frasa yang lebih tepat pada fitur permukaan representasi adalah ion logam yang bermuatan positif atau kation logam bukan atom logam.

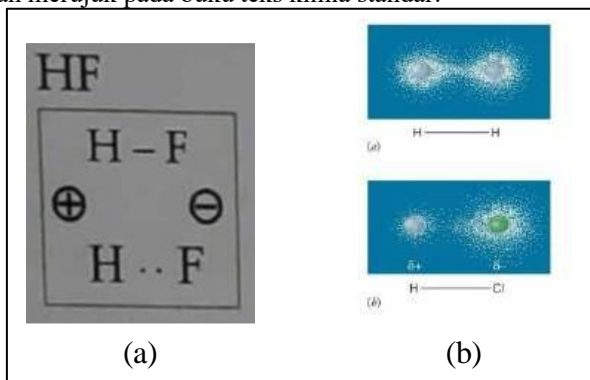


Gambar 8. Interpretasi fitur permukaan tipologi ambigu pada buku E

Gambar 8 merupakan representasi *multiple* dengan tipologi (iii) interpretasi fitur permukaan ambigu yang terdapat dalam buku E. Representasi tersebut menjelaskan konsep sifat senyawa ion dengan merepresentasikan tiga rangkaian alat uji larutan elektrolit yang masing-masing alatnya berisi NaCl padat, NaCl cair (lelehan) dan larutan NaCl. Namun, pada representasi yang disajikan tidak ada terdapat satupun fitur permukaan pada representasinya sehingga kriteria representasi C2 ini termasuk ke dalam tipologi ambigu. Sehingga perlu ditambahkan fitur permukaan pada representasi agar peserta didik dapat memahami konsep dengan baik. Hal ini didukung oleh pernyataan Gkitzia *et al.*, (2011). yang menyatakan bahwa kehadiran representasi sederhana dalam buku teks tidak memastikan dapat meningkatkan pembelajaran. Oleh karena itu, penting dalam menuliskan label atau keterangan dengan jelas pada elemen yang membentuk representasi.

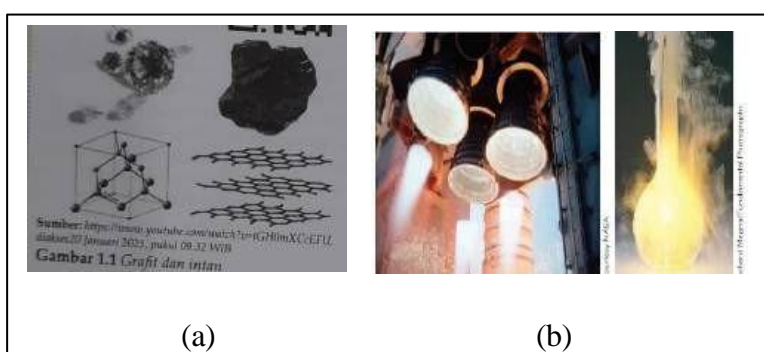
• **Kriteria ke-3 (C3): Keterkaitan Gambar dengan Teks**

Kriteria C3 memiliki tujuan untuk mengkaji sejauh mana representasi berhubungan dan berkaitan dengan isi teks, serta apakah terdapat kaitan langsung dari teks dengan representasi yang dimuat. Kaitan langsung adalah kalimat atau frasa yang mengarahkan atau merujuk pembaca dari isi teks menuju ke representasi yang disajikan oleh buku teks. Diantaranya seperti kalimat “seperti yang terlihat pada Gambar 1” atau “seperti yang terlihat dalam representasi”. Kriteria representasi keterkaitan gambar dengan teks pada keenam buku teks yang dianalisis mempunyai lima tipologi yang berada pada Tabel 1 bagian kriteria C3. Pada buku A, buku D, buku E, dan buku F secara umum memuat tipologi pertama (i) dengan persentase masing-masing sebesar 71%, 38%, 83% dan 100% sedangkan pada buku B, buku C secara umum memuat tipologi kedua (ii) masing-masing sebesar 60% dan 56%. Berdasarkan jenis representasi yang terdapat dalam buku standar, buku A, buku D, buku E, dan buku F secara umum memuat tipologi pertama (i) pada Tabel 1 yaitu ketika suatu representasi menggambarkan dan berhubungan langsung dengan isi teks yang sebenarnya, serta terkait disini memiliki makna adanya kalimat atau frasa yang mengarahkan atau menghubungkan langsung pembaca pada representasi yang dihadirkan. Pada buku B dan buku C secara umum memuat tipologi sepenuhnya berhubungan dan tidak terkait, dimana sama halnya dengan makna dari tipologi i, akan tetapi tidak terkait disini memiliki makna bahwa tidak ada frasa atau kalimat penghubung antara teks dengan representasi. Selain itu, terdapat pada kriteria C3 memiliki tipologi lain yaitu tipologi kedua (ii) pada Tabel 1 yang menggambarkan subjek yang umum dalam teks tetapi tidak menggambarkan subjek yang sebenarnya. Tidak berhubungan yaitu ketika suatu representasi tidak berhubungan dan tidak relevan dengan isi teks. Berikut beberapa contoh dari kriteria (C3) keterkaitan gambar dengan teks yang dihadirkan dalam buku teks kimia kurikulum merdeka dan merujuk pada buku teks kimia standar:



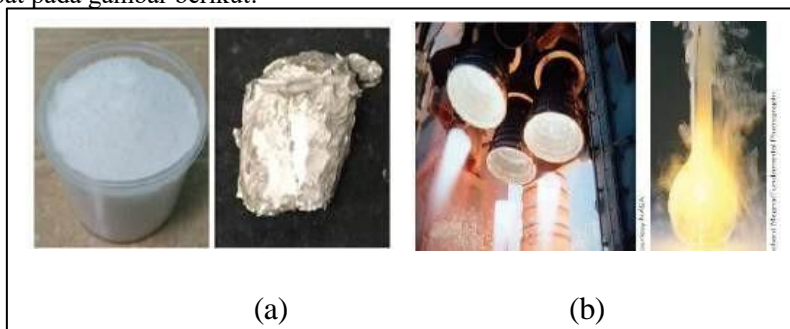
Gambar 9. (a) Kriteria representasi C3 tipologi (ii) sepenuhnya berhubungan dan tidak terkait pada buku D dan (b) Kriteria representasi C3 tipologi keterangan sesuai pada buku standar

Gambar 9 (a) merupakan kriteria representasi C3 dengan tipologi (ii) sepenuhnya berhubungan dan tidak terkait. Dimana penjelasan teks terhadap contoh representasi sepenuhnya berhubungan pada Gambar 9 (a) yaitu “Ikatan kovalen polar terjadi ketika pasangan elektron ikatan tertarik lebih kuat ke salah satu atom. Karena adanya perbedaan keelektronegatifan antar atom tersebut. Jadi, makin besar selisihnya, akan semakin besar pula kepolaran ikatannya. Contoh: Pada senyawa HF, ikatan kovalennya, yaitu sebagai berikut”. Sedangkan, dikatakan tidak terkait karena pada isi teks tidak ditemukan frasa atau kalimat yang bertautan langsung untuk merujuk kepada representasi yang dihadirkan. Dengan demikian, terdapat kemungkinan bahwa peserta didik akan melewatkan representasi kimia ini tanpa memperhatikannya, baik karena mereka tidak memahami apa hubungannya dengan isi teks, atau karena mereka umumnya memiliki kecenderungan untuk hanya membaca yang sudah jelas (Gkitzia *et al.*, 2011). Keterkaitan representasi dengan teks pada Gambar 9 (a) hendaknya isi teks yang dihadirkan memuat kalimat atau frasa “seperti pada Gambar 1.3” yang mengarahkan peserta didik langsung ke representasi yang dihadirkan sehingga dapat membantu peserta didik dalam memahami isi materi. Apabila dibandingkan dengan representasi dalam buku standar pada gambar 9 (b), representasi C3 yang dihadirkan merupakan tipologi (i) yaitu sepenuhnya berhubungan dan terkait dimana apabila ditinjau dari konten teksnya sudah menjelaskan representasi secara keseluruhan. Dimana penjelasan teks terhadap contoh representasi sepenuhnya berhubungan pada Gambar 9 (b). Selanjutnya, untuk kriteria representasi C3 tipologi (iii) terdapat pada gambar berikut:



Gambar 10. (a) Kriteria representasi C3 tipologi (iii) sebagian berhubungan dan terkait pada buku D dan (b) Kriteria representasi C3 tipologi (i) sepenuhnya berhubungan dan terkait pada buku standar

Gambar 10 (a) merupakan kriteria representasi C3 dengan tipologi (iii) sebagian berhubungan dan terkait pada buku D. Dimana penjelasan teks terhadap contoh representasi sepenuhnya berhubungan pada Gambar 10 (a) yaitu “Tukah kamu bahwa grafit dan intan tersusun atas atom yang sama (karbon)? Padahal karakteristik keduanya sangatlah berbeda. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Perhatikan Gambar 1.1 dan/atau video di samping. Meskipun suatu material tersusun atas atom-atom yang sama, dan susunan dari atom-atom tersebut berbeda, maka karakteristik atau sifatnya tetap akan berbeda. Dalam kasus grafit dan intan keduanya juga tersusun atas atom yang sama yaitu karbon. Namun, struktur atom karbon yang dimiliki berbeda...”. Sedangkan dikatakan terkait karena pada isi teks terdapat kalimat atau frasa “Perhatikan Gambar 1.1” yang bertautan langsung untuk merujuk kepada representasi yang dihadirkan. Dengan demikian, terdapat kemungkinan bahwa peserta didik akan melewatkan representasi kimia ini tanpa memperhatikannya, baik karena mereka tidak memahami apa hubungannya dengan isi teks, atau karena mereka umumnya memiliki kecenderungan untuk hanya membaca yang sudah jelas (Gkitzia *et al.*, 2011). Namun, apabila dibandingkan dengan representasi dalam buku standar pada gambar 10 (b), representasi C3 yang dihadirkan merupakan tipologi (i) yaitu sepenuhnya berhubungan dan terkait dimana apabila ditinjau dari konten teksnya sudah menjelaskan representasi secara keseluruhan. Dimana penjelasan teks terhadap contoh representasi sepenuhnya berhubungan pada Gambar 10 (b). Selanjutnya, untuk kriteria representasi C3 tipologi (iii) terdapat pada gambar berikut:



Gambar 11. (a) Kriteria representasi C3 tipologi (iv) sebagian berhubungan dan tidak terkait pada buku A dan
(b) Kriteria representasi C3 tipologi (i) sepenuhnya berhubungan dan terkait pada buku standar

Gambar 11 (a) merupakan kriteria representasi C3 dengan tipologi (iv) sebagian berhubungan dan tidak terkait pada buku A. Dimana penjelasan teks terhadap contoh representasi sepenuhnya berhubungan pada Gambar 11 (a) yaitu “Cobalah kalian genggam bongkahan garam dapur? Terksturnya kasar dan mudah dihancurkan, bukan? Garam dapur juga aman disentuh oleh kulit. Beda sekali dengan logam natrium. Logam natrium ini sangat reaktif. Logam natrium dapat bereaksi hebat dengan kandungan air yang ada pada permukaan kulit. Logam natrium juga tidak mudah dihancurkan, tetapi mudah dipotong dengan pisau...”. Sedangkan, dikatakan tidak terkait karena pada isi teks tidak ditemukan frasa atau kalimat yang bertautan langsung untuk merujuk kepada representasi yang dihadirkan. Dengan demikian, terdapat kemungkinan bahwa peserta didik akan melewatkan representasi kimia ini tanpa memperhatikannya, baik karena mereka tidak memahami apa hubungannya dengan isi teks, atau karena mereka umumnya memiliki kecenderungan untuk hanya membaca yang sudah jelas (Gkitzia *et al.*, 2011). Namun, apabila dibandingkan dengan representasi dalam buku standar pada gambar 11 (b), representasi C3 yang dihadirkan merupakan tipologi (i) yaitu sepenuhnya berhubungan dan terkait dimana apabila ditinjau dari konten teksnya sudah menjelaskan representasi secara keseluruhan. Dimana penjelasan teks terhadap contoh representasi sepenuhnya berhubungan pada Gambar 11 (b).

• **Kriteria ke-4 (C4): Keberadaan dan Sifat dari Keterangan Gambar**

Kriteria C4 pada buku A dan buku B secara umum memuat kriteria C4 tipologi keterangan yang disertai masalah (ii) dengan persentase masing-masing sebesar 57% dan 60%. Buku C, buku E dan buku F secara umum memuat tipologi keberadaan keterangan yang sesuai (i) dengan persentase masing-masing sebesar 56%, 89%, dan 80%. Buku D secara umum memuat kriteria C4 tipologi keterangan yang disertai masalah (ii) dan tipologi tanpa keterangan (iii) dengan persentasi masing-masing tipologi sebesar 50%. Tipologi tanpa keterangan (iii) menunjukkan bahwa representasi yang dimuat pada buku teks D ini sebesar 50% tidak menyertakan keterangan gambar (*caption*). Kriteria keberadaan keterangan pada gambar (C4) hanya digunakan untuk representasi yang tidak dimasukkan ke dalam teks. Hal ini disebabkan karena representasi yang dimasukkan berperan sebagai bagian dari teks yang menggambarkan secara tepat isinya sehingga tidak perlu dihadirkan keterangan gambar/*caption* (Gkitzia *et al.*, 2011). Peristiwa inilah yang terdapat pada beberapa representasi yang dimuat dalam buku teks D.

Gambar 10 (a), merupakan representasi dengan tipologi adanya keterangan disertai masalah yang terdapat dalam buku D. Representasi ini mewakili grafit dan intan yang sama-sama memiliki atom karbon sebagai penyusunnya. Keterangan pada representasi tersebut yaitu “Grafit dan intan”. Apabila mengacu pada gambar yang diberikan dimana ada dua objek yang dihadirkan dalam representasi yaitu gambar pertama adalah intan dan gambar kedua adalah grafit. namun, disana terdapat keterangan gambar dengan urutan terbalik dan hanya dituliskan *caption* “Gambar 1.1 grafit dan intan” padahal gambar pertama merupakan representasi dari intan sedangkan gambar kedua merupakan representasi dari grafit. Oleh karena itu, hendaknya pada gambar 10 (a) dicantumkan *caption* yang jelas yaitu “Gambar 1.1 (a) Intan dan (b) Grafit” sehingga peserta didik dapat memahami makna dari representasi yang dihadirkan pada buku D. hal ini berbanding terbalik dengan keterangan gambar pada buku standar. Pada Gambar 10 (b) memuat representasi dengan dua objek berbeda yang menjelaskan kebutuhan energi dalam membentuk ikatan kimia. Representasi yang dihadirkan memiliki keberadaan dan sifat dari keterangan yang jelas. Pada objek a representasi menunjukkan reaksi hebat dari hidrogen dengan oksigen yang memberikan gaya dorong pada mesin pesawat ulang alik dan pada objek b representasi menunjukkan sepotong kecil natrium meleleh dan langsung terbakar ketika dicelupkan ke dalam labu yang berisi gas klor dan menghasilkan cahaya dan panas. Kedua objek pada representasi ini memuat *caption* “Gambar 8.1 (a) Reaksi hidrogen dengan oksigen, (b) Reaksi eksotermik natrium dengan klor”. Representasi yang dihadirkan pada buku D hendaknya memuat keberadaan dan sifat keterangan yang jelas sehingga membantu peserta didik dalam memahami representasi yang dihadirkan pada buku teks. Keterangan atau *caption* ini merupakan salah satu hal yang penting dalam suatu representasi, karena dapat memperjelas pesan dan isi dalam representasi tersebut, sehingga diperlukan keterangan atau *caption* yang sesuai dengan representasi yang dihadirkan, dengan keterangan yang sesuai dapat membantu peserta didik dalam memahami pesan dan isi dari suatu representasi tanpa harus melihat teks terkait (Gkitzia *et al.*, 2011).

Gambar 9 (a) merupakan representasi yang termasuk dalam tipologi tanpa keterangan yang terdapat dalam buku D. Representasi tersebut termasuk ke dalam teks dan di dalamnya sudah dijelaskan secara keseluruhan terkait representasi yang dihadirkan. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan oleh Gkitzia *et al.*, (2011) bahwa kriteria C4 (keberadaan dan sifat suatu keterangan) hanya digunakan untuk representasi yang tidak dimasukkan ke dalam teks, karena representasi yang dimasukkan dibaca sebagai bagian teks yang menggambarkan secara tepat isinya, sehingga tidak diperlukan keterangan. Dimana penjelasan teks terhadap contoh representasi pada Gambar 9 (a) yaitu “Ikatan kovalen polar terjadi ketika pasangan elektron ikatan tertarik lebih kuat ke salah satu atom. Karena adanya perbedaan keelektronegatifan antar atom tersebut. Jadi, makin besar selisihnya, akan semakin besar pula kepolaran ikatannya. Contoh: Pada senyawa HF, ikatan kovalennya, yaitu sebagai berikut”. Akan tetapi, berbeda

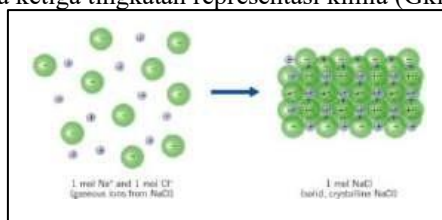
halnya dengan Gambar 9 (b) merupakan representasi yang berada pada buku standar. Dimana keberadaan dan sifat keterangannya sudah sesuai. Pada Gambar 9 (b) memuat keterangan yang sudah mewakili gambar “Pembagian elektron yang sama dan tidak sama dalam ikatan kovalen”. Representasi yang dihadirkan pada Gambar 9 (a) hendaknya memuat keterangan gambar yang jelas agar dapat membantu peserta didik memahami konsep yang diberikan secara langsung pada buku teks yang digunakan. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Gkitzia *et al.*, (2011) yaitu judul gambar yang tepat seharusnya tegas, singkat, dan komprehensif, memberikan otonomi kepada perwakilan. *Caption* penting karena memperjelas isi dan pesan representasi. Selain itu, keterangan yang sesuai memudahkan pembelajaran suatu buku, karena siswa dapat memahami isi suatu representasi tanpa harus melihat teks terkait.

- **Kriteria ke-5 (C5): Tingkat Keterhubungan antara Representasi yang terdiri dari Beberapa Representasi**

Kriteria C5 hanya digunakan untuk menganalisis kriteria pertama (C1) dengan tipologi ganda/*multiple*. Kriteria C5 ini memuat tiga tipologi diantaranya: i) cukup terkait, ii) tidak cukup terkait, dan iii) tidak terkait. Buku teks kimia kurikulum merdeka yang dianalisis ditemukan beberapa jenis representasi *multiple*. Representasi *multiple* dengan tipologi (i) cukup terkait secara umum dimuat oleh buku E sebesar 39% sedangkan representasi *multiple* dengan tipologi (ii) tidak cukup terkait secara umum dimuat oleh buku D sebesar 13%. Namun, representasi *multiple* tipologi (iii) tidak terkait tidak ditemukan pada seluruh buku teks yang dianalisis. Representasi cukup terkait (tipologi i) ketika antara dua atau tiga representasi yang terintegrasi pada *multiple* dihubungkan dengan diberikan tanda panah sehingga tampak keterkaitannya. Representasi tidak cukup (tipologi ii) terkait ketika hanya terdapat beberapa kesetaraan antara dua atau tiga jenis representasi yang disajikan dengan jelas digambarkan dengan posisi yang sejajar. Namun, pada representasi tidak terkait (tipologi iii) ketika representasi bawahan yang disertakan hanya diposisikan bersebelahan dan belum ada indikasi kesetaraan pada masing-masing jenis representasi yang disajikan.

Gambar 8 merupakan contoh representasi yang telah dianalisis menggunakan kriteria C1 dan memiliki jenis representasi *multiple* yang melibatkan dua level representasi diantaranya representasi makroskopik dan representasi sub-mikroskopik. Representasi makroskopik adalah NaCl padat, NaCl cair (lelehan) dan larutan NaCl yang dialiri arus listrik searah kemudian terlihat nyala lampu yang berbeda pada masing-masing wujud NaCl. Sedangkan representasi sub-mikroskopik ditunjukkan dengan perbedaan bentuk molekul NaCl pada fasa padat (s), cair (l) dan larutan (aq) saat diberikan aliran listrik searah. Representasi ini dikelompokkan kedalam tipologi cukup terkait karena representasi makroskopik dan sub-mikroskopik ditempatkan dengan posisi yang sejajar dan dihubungkan dengan tanda panah sehingga terlihat keterhubungan antara jenis representasi yang disajikan pada Gambar 8. Representasi berganda (*multiple*) dicirikan sebagai cukup terhubung ketika kesetaraan fitur permukaan komponen ditunjukkan dengan jelas (Gkitzia *et al.*, 2011).

Gambar 10 (a) merupakan contoh representasi yang telah dianalisis menggunakan kriteria C1 dan memiliki jenis representasi *multiple* pada buku D yang melibatkan dua level representasi diantaranya representasi makroskopik dan representasi sub-mikroskopik. Representasi makroskopik adalah intan dan grafit yang memiliki atom karbon sebagai penyusunnya. Sedangkan representasi sub-mikroskopik ditunjukkan dengan intan memiliki susunan atom karbon berbentuk tetrahedron (seperti kubik) dan grafit memiliki bentuk heksagonal berlapis-lapis pada atom karbonnya. Representasi ini dikelompokkan pada representasi *multiple* pada tipologi tidak cukup terkait (ii) karena representasi makroskopik dan sub-mikroskopik ditempatkan secara sejajar atau paralel, sehingga peserta didik dapat memahami kesetaraan dari representasi *multiple* ini, tetapi tidak ditunjukkan dengan tanda panah ataupun simbol antara kedua jenis representasi tersebut. Korelasi (keterhubungan) ini sangatlah penting untuk membangun hubungan antara ketiga tingkatan representasi kimia (Gkitzia *et al.*, 2011).



Gambar 12. Representasi *multiple* tipologi tidak cukup terkait pada buku standar

Gambar 12 merupakan contoh representasi yang telah dianalisis menggunakan kriteria C1 dan memiliki jenis representasi *multiple* yang melibatkan dua level representasi diantaranya representasi sub-mikroskopik dan representasi simbolik. Representasi sub-mikroskopik adalah ion Na⁺ dan ion Cl⁻ dalam fasa gas kemudian membentuk kristal NaCl dalam fasa solid. Sedangkan representasi simbolik ditunjukkan dengan simbol satuan

jumlah zat yaitu satu mol dan simbol kation (Na^+) dan anion (Cl^-). Representasi ini dikelompokkan pada representasi multiple pada tipologi tidak cukup terkait (ii) karena representasi sub-mikroskopik dan simbolik ditempatkan secara sejajar atau paralel, sehingga peserta didik dapat memahami kesetaraan dari representasi multiple ini, tetapi tidak ditunjukkan dengan tanda panah ataupun simbol antara kedua jenis representasi tersebut. Korelasi (keterhubungan) ini sangatlah penting untuk membangun hubungan antara ketiga tingkatan representasi kimia (Gkitzia *et al.*, 2011).

4. KESIMPULAN

Hasil analisis kriteria multirepresentasi pada buku teks kimia kurikulum merdeka menunjukkan bahwa pada kriteria C1 jenis representasi keenam buku teks secara umum adalah representasi *multiple* dan sub-mikroskopik, pada kriteria C2 interpretasi fitur permukaan keenam buku pada umumnya tipologi eksplisit, pada kriteria C3 keterkaitan representasi dengan teks pada umumnya memuat tipologi (i) sepenuhnya berhubungan dan terkait, pada kriteria C4 keberadaan dan sifat dari keterangan gambar pada umumnya memuat tipologi (i) keberadaan keterangan sesuai (eksplisit, jelas, singkat, komprehensif, bersifat otonomi), dan pada kriteria C5 tingkat keterhubungan antara representasi secara umum memuat tipologi (i) cukup terkait.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti berterima kasih kepada Ibu Faizah Qurrata Aini, M.Pd. atas waktu dan masukan yang telah diberikan untuk membimbing dan memberikan motivasi dalam penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Blongkod, R., Hafid, R., & Mahmud, M. (2022). Pengaruh Penggunaan Buku Teks Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran IPS Terpadu Kelas VIII Di SMP Cokroaminoto Solog Kabupaten Bolaang Mongondow. *Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, 8(3), 2131–2140.
- Gabel, D. L. (1993). *Use Of The Particle Nature Of Matter In Developing Conceptual Understanding*. ACS Publications.
- Gilbert and Treagust, D. (2009). *Multiple Representasi in Chemical Education*.
- Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development And Application Of Suitable Criteria For The Evaluation Of Chemical Representations In School Textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 5–14.
- Hasanah, D., Mulyani, S., & Widhiyanti, T. (2024). Multiple Representations Analysis of Chemical Bonding Concepts in General Chemistry Books. *KnE Social Sciences*, 248–257.
- Humayra, T. H. (2024). Analisis Pemahaman Kimia dan Keterampilan Proses Kurikulum Merdeka pada Materi Struktur Atom Fase E SMA/MA. Universitas Negeri Padang.
- Iswanto, E., Sumiharsono, R., & Hidayat, S. (2018). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Powerpoint dan Buku Teks terhadap Hasil Belajar Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Materi Tata Surya Siswa Kelas VI Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2018-2019 di MI Negeri 2 Jember. *Journal of Education Technology and Inovation*, 1(2), 7–20.
- Jespersen, N. D. A. H. (2014). *CHEMISRTY The Molecular Nature of Matter (7th ed.)*. Willey.
- Lutviana, E., Sentot Budi, R., Vh, E. S., & Indriyanti, N. Y. (2019). Analisis Konten Buku Teks Sekolah Pada Materi Ikatan Kimia Ditinjau Dari Kriteria Representasi Kimia. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 22(1).
- Magdalena, I., Sundari, T., Nurkamilah, S., Nasrullah, N., & Amalia, D. A. (2020). *Analisis Bahan Ajar Nusantara*, 2(2), 311–326.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suparwati, N. M. A. (2022). Analisis Reduksi Miskonsepsi Kimia Dengan Pendekatan Multi Level Representasi: Systematic Literature Review. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(2), 341–348.
- Tolingguhu, K., Panigoro, M., Bahsoan, A., Mahmud, M., & Toralawe, Y. (2024). Pengaruh Penggunaan Sumber Belajar Berbasis Buku Teks Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Ips Terpadu. *Damhil Education Journal*, 4(2), 91–102.
- Upahi, J. E., & Ramnarain, U. (2023). Analysis of Chemical Representations in the Physical Sciences Textbooks for Grade 12 Learners in South Africa. *International Journal of Innovation in Science and*

Mathematics Education, 31(1).

Wu, H., & Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking In Chemistry Learning. *Science Education*, 88(3), 465–492.

Yustin, D. L., & Wiyarsi, A. (2019). Students' Chemical Literacy: A Study In Chemical Bonding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1397(1), 1203.