

# Identifikasi kemampuan makroskopik, mikroskopik dan simbolik siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Karang Trenggalek pada materi larutan penyangga Tahun Ajaran 2018/2019

Endah Yuliani, Hayuni Retno Widarti\*, Darsono Sigit

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

\*Penulis korespondensi, Surel: hayuni.retno.fmipa@um.ac.id

Paper received: 01-06-2021; revised: 15-06-2021; accepted: 30-06-2021

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan: (1) Kemampuan makroskopik-mikroskopik, makroskopik-simbolik dan mikroskopik-simbolik siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Karang Trenggalek pada materi larutan penyangga (2) Kemampuan pemahaman siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Karang Trenggalek terhadap materi larutan penyangga pada level makroskopik-mikroskopik, makroskopik-simbolik dan mikroskopik-simbolik. Rancangan penelitian ini menggunakan rancangan deskriptif. Instrumen penelitian berupa soal-soal pilihan ganda berbasis interkoneksi multipel representasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) kemampuan representasi makroskopik-mikroskopik siswa pada materi larutan penyangga sebesar 57,61 persen (kriteria cukup), (2) kemampuan representasi makroskopik-simbolik siswa pada materi larutan penyangga sebesar 66,67 persen (kriteria tinggi), (3) kemampuan representasi mikroskopik-simbolik siswa pada materi larutan penyangga sebesar 55,61 persen (kriteria cukup), (4) kemampuan pemahaman siswa terhadap materi larutan penyangga pada representasi makroskopik-mikroskopik yaitu miskonsepsi sebesar 27,20 persen dan tidak paham sebesar 18,56 persen, (5) kemampuan pemahaman siswa terhadap materi larutan penyangga pada representasi makroskopik-simbolik yaitu miskonsepsi sebesar 13,62 persen dan tidak paham sebesar 20,69 persen dan (6) kemampuan pemahaman siswa terhadap materi larutan penyangga pada representasi mikroskopik-simbolik yaitu miskonsepsi sebesar 37,36 persen dan tidak paham sebesar 19,82 persen.

**Kata Kunci:** Kemampuan representasi; makroskopik; mikroskopik; simbolik; larutan penyangga.

## 1. Pendahuluan

Ilmu kimia merupakan bagian dari ilmu pengetahuan alam (sains) yang dianggap sulit oleh siswa. Hal ini terjadi karena karakteristik ilmu kimia yang bersifat abstrak dan kompleks. Selain itu, mata pelajaran kimia juga dipenuhi dengan rumus-rumus, simbol-simbol, reaksi-reaksi, dan konsep-konsep yang dianggap abstrak oleh siswa (Ashadi, 2009). Untuk mempelajari ilmu kimia yang bersifat abstrak diperlukan suatu penggambaran yang dijelaskan oleh para ahli ke dalam tiga level representasi, yaitu representasi makroskopik, mikroskopik dan simbolik (Indrayani, 2013).

Representasi makroskopik merupakan level yang konkret, dimana pada level ini siswa dapat mengamati fenomena yang terjadi, baik melalui percobaan yang dilakukan atau fenomena yang terjadi pada kehidupan sehari-hari. Fenomena-fenomena yang dapat diamati berupa timbulnya warna, terbentuknya endapan dan gas dalam reaksi kimia. Representasi mikroskopik merupakan penggambaran partikel yang tidak dapat dilihat secara langsung, seperti atom, molekul dan ion. Representasi simbolik merupakan penggambaran dari fenomena kimia melalui persamaan kimia, persamaan matematika, grafik, mekanisme reaksi, dan analogi-analogi kimia (Chandrasegaran *et al*, 2008). Ketiga level representasi kimia

tersebut saling berhubungan, meliputi hubungan level makroskopik-mikroskopik, makroskopik-simbolik dan mikroskopik-simbolik atau dapat dikenal dengan istilah interkoneksi multipel representasi. Pembelajaran dengan menerapkan interkoneksi multipel representasi dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep kimia dan mengurangi kesalahan konsep siswa (Gilbert dan Treagust, 2009).

Sirhan (2007) menyatakan interaksi dan perbedaan antara multipel representasi (makroskopik, mikroskopik dan simbolik) merupakan karakteristik dalam pembelajaran kimia yang sangat penting dan diperlukan dalam memahami konsep-konsep kimia. Jika siswa merasa kesulitan pada satu level maka dapat mempengaruhi level lainnya pada representasi kimia. Kunci pokok dalam pemecahan masalah kimia, sebenarnya adalah pada kemampuan merepresentasikan fenomena kimia pada level mikroskopik (Treagust *et al*, 2003). Pengajaran yang melibatkan level mikroskopik akan membantu siswa membuat hubungan antara tiga level representasi dalam pembelajaran kimia, adanya penjelasan karakteristik level mikroskopik kepada siswa akan meningkatkan pemahaman siswa dan menyebabkan siswa cenderung dapat menghubungkan pengetahuannya pada dua atau tiga level representasi (Gabel, 1993).

Materi larutan penyangga merupakan materi larutan yang memuat ketiga level representasi dan dibangun atas konsep dasar asam basa, *pH* larutan, kesetimbangan kimia, dan stoikiometri. Larutan penyangga yang dapat dijelaskan dengan representasi makroskopik, mikroskopik dan simbolik yaitu komponen larutan penyangga asam. Representasi kimia pada level makroskopik ditunjukkan dengan warna larutan penyangga asam setelah ditetesi indikator metil *orange*, warna tersebut menunjukkan nilai *pH* larutan penyangga asam. Representasi mikroskopik dapat berupa penggambaran partikel-partikel di dalam larutan yang dapat menjelaskan kenapa dapat terjadi fenomena makroskopik demikian. Representasi simbolik dapat berupa persamaan reaksi dari larutan penyangga.

Penelitian tentang pemahaman pada larutan penyangga dengan menggunakan level representasi kimia sebelumnya pernah dilakukan oleh Yusria Izzatul Ulva (2016) terhadap siswa SMAN 3 Malang menunjukkan bahwa pemahaman larutan penyangga pada level makroskopik termasuk kriteria sangat tinggi (88,11%), pemahaman larutan penyangga pada level mikroskopik termasuk kriteria sangat rendah (18,01%) dan pemahaman konsep larutan penyangga pada level simbolik termasuk kriteria sedang (52,99%).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dituliskan tujuan penelitian sebagai berikut ini: (1) mendeskripsikan Kemampuan makroskopik-mikroskopik, makroskopik-simbolik dan mikroskopik-simbolik siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Karanganyar Trenggalek pada materi larutan penyangga (2) mendeskripsikan Kemampuan pemahaman siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Karanganyar Trenggalek terhadap materi larutan penyangga pada level makroskopik-mikroskopik, makroskopik-simbolik dan mikroskopik-simbolik.

## 2. Metode

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian deskriptif. Pada Penelitian ini tidak memberikan perlakuan khusus terhadap sampel, tetapi sampel telah mendapatkan perlakuan secara alami melalui proses belajar mengajar sebelumnya oleh guru kimia di sekolah yang menjadi tempat penelitian. Penelitian ini peneliti hanya melakukan pengukuran terhadap variabel yang ada, yaitu mengukur tingkat kemampuan siswa dan mendeskripsikan penyebab

kesalahan pemahaman siswa pada representasi makroskopik-mikroskopik, makroskopik-simbolik dan mikroskopik-simbolik pada materi larutan penyangga. Subjek penelitian yaitu siswa kelas XI MIPA 1 dan XI MIPA 2 sebanyak 57 siswa yang dipilih secara purposive sampling. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes objektif berbasis interkoneksi multipel representasi menggunakan empat item jawaban disertai pemberian alasan terbuka yang telah dikembangkan oleh Sofia Nur Fadhilah (2018). Instrumen penelitian memiliki validitas 96,8 % (kriteria sangat tinggi) dengan reliabilitas sebesar 0,922 (kriteria sangat tinggi).

Data yang diperoleh dalam penelitian berasal dari tes objektif disertai alasan terbuka siswa dan wawancara tidak terstruktur yang dilakukan pada dua siswa yang menjawab salah untuk mengidentifikasi kesulitan mereka terhadap konsep kimia dan dua siswa yang menjawab benar untuk mengidentifikasi apakah mereka benar-benar memahami konsep kimia yang diujikan.

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan tahap-tahap: (1) memeberikan Skor Tes Pemahaman (2) mengelompokan Butir Soal Berdasarkan Kisi-kisi (3) Menghitung Persentase Jumlah Siswa yang Menjawab Benar Tiap Butir Soal pada Masing-Masing Representasi (4) Menghitung Rata-rata Persentase Jumlah Siswa yang Menjawab Benar pada Masing-Masing Representasi (5) Menganalisis Penyebab Kesalahan Siswa.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. HASIL

Berdasarkan jawaban tes objektif dan alasan terbuka siswa disajikan hasil analisis data berupa persentase jumlah siswa yang menjawab benar dan distribusi dugaan penyebab kesalahan siswa pada materi larutan penyangga pada representasi makroskopik-mikroskopik, makroskopik-simbolik dan mikroskopik-simbolik sebagai berikut.

##### 3.1.1. Kemampuan Siswa Terhadap Representasi Makroskopik-Mikroskopik

Persentase jumlah siswa yang menjawab benar pada soal larutan penyangga representasi makroskopik-mikroskopik disajikan pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1 Persentase Jumlah Siswa Yang Menjawab Benar Pada Materi Larutan Penyangga Untuk Representasi Makroskopik-Mikroskopik**

Indikator soal	Nomor soal	$\Sigma$ siswa yang menjawab benar		kriteria
		Jumlah	Persentase (%)	
Siswa dapat mengidentifikasi jenis larutan penyangga asam dan perubahan warna kertas lakmus, jika diberikan gambaran submikroskopik komponennya	7	34	56,62%	Cukup
Rata-rata			58,62%	Cukup
Komponen larutan penyangga				

Siswa dapat menentukan gambar submikroskopik larutan penyangga basa, jika diberikan gambaran ilustrasi pembuatan larutan penyangga basa	2	35	60,34%	Cukup
Siswa dapat menentukan gambar submikroskopik larutan penyangga asam, jika diberikan gambaran ilustrasi pembuatan larutan penyangga asam.	4	35	60,34%	Cukup
<b>Rata-rata</b>			60,34%	Cukup
<b>Prinsip kerja larutan penyangga</b>				
Siswa dapat menganalisis gambaran submikroskopik partikel larutan penyangga basa sebelum penambahan dan setelah penambahan sedikit basa kuat	13	33	56,90%	Cukup
Siswa dapat menganalisis gambaran submikroskopik partikel larutan penyangga basa sebelum penambahan dan setelah penambahan sedikit asam kuat	14	33	56,90%	Cukup
Siswa dapat menganalisis gambaran submikroskopik partikel larutan penyangga asam sebelum dan setelah penambahan sedikit basa kuat	15	29	50,00%	Cukup
Siswa dapat menganalisis gambaran submikroskopik partikel larutan penyangga asam sebelum dan setelah penambahan sedikit asam kuat	16	30	51,72%	Cukup
<b>Rata-rata</b>			53,88%	Cukup
<b>Rata-rata kemampuan siswa terhadap representasi makroskopik-mikroskopik</b>			57,61%	Cukup
Sifat larutan penyangga Siswa dapat mengidentifikasi jenis larutan penyangga basa dan perubahan warna kertas lakmus, jika diberikan gambaran submikroskopik komponennya	5	34	58,62%	Cukup

\*Kriteria berdasarkan: Arikunto (2015:89)

Berdasarkan data yang terdapat dalam Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa rata-rata siswa yang menjawab benar dari 8 soal larutan penyangga pada representasi makroskopik-mikroskopik sebesar 57,61% termasuk kriteria cukup. Distribusi dugaan kesalahan siswa pada materi larutan penyangga untuk representasi makroskopik-mikroskopik disajikan pada Tabel 4.2

**Tabel 4.2 Distribusi Dugaan Kesalahan Siswa Pada Materi Larutan Penyangga untuk Representasi Makroskopik-Mikroskopik**

No. Soal	Dugaan Penyebab Kesalahan	$\Sigma$ Siswa	%
2.	siswa menganggap garam $\text{NH}_4\text{Cl}$ terdisosiasi sebagian di dalam air (tidak paham)	6	10,34%
	- siswa menganggap $\text{NH}_3$ terionisasi secara sempurna di dalam air (tidak paham)	12	20,69%
	- siswa menganggap $\text{NH}_3$ termasuk asam lemah (miskonsepsi)	5	8,62%
4.	siswa menganggap garam $\text{CH}_3\text{COONa}$ terdisosiasi sebagian didalam air (tidak paham)	7	12,07%
	siswa menganggap $\text{CH}_3\text{COOH}$ terionisasi secara sempurna di dalam air (tidak paham)	11	18,97%
	siswa menganggap $\text{CH}_3\text{COOH}$ adalah basa lemah (miskonsepsi)	5	8,62%
5.	siswa menganggap larutan yang terdiri dari basa lemah $\text{NH}_3$ dan asam konjugasi dari garam $\text{NH}_4\text{Cl}$ merupakan larutan penyangga asam yang bisa merubah kertas lakmus merah menjadi merah dan dari biru ke merah (tidak paham)	3	5,17%
	siswa menganggap larutan yang terdiri dari basa lemah $\text{NH}_3$ dan asam konjugasi dari garam $\text{NH}_4\text{Cl}$ merupakan larutan basa yang bisa merubah kertas lakmus merah menjadi biru dan dari biru ke biru (tidak paham)	7	12,07%
	siswa menganggap larutan yang terdapat dalam gelas kimia merupakan larutan penyangga basa karena adanya ion $\text{OH}^-$ dan garam $\text{NH}_4\text{Cl}$ (miskonsepsi)	14	24,14%
7.	siswa menganggap larutan yang terdiri dari asam lemah $\text{CH}_3\text{COOH}$ dan basa konjugasi dari garam $\text{CH}_3\text{COONa}$ merupakan larutan penyangga basa yang bisa merubah kertas lakmus merah menjadi biru dan dari biru ke biru (tidak paham)	1	1,72%
	siswa menganggap larutan yang terdiri dari asam lemah $\text{CH}_3\text{COOH}$ dan basa konjugasi dari garam $\text{CH}_3\text{COONa}$ merupakan larutan asam yang bisa merubah kertas lakmus merah menjadi merah dan dari merah menjadi merah (tidak paham)	2	3,45%
	siswa menganggap larutan yang terdapat dalam gelas kimia merupakan larutan penyangga asam karena ada ion $\text{F}^-$ , $\text{H}^+$ dan garam (miskonsepsi)	21	36,21%
13.	Siswa menganggap $\text{NH}_3$ akan terionisasi sempurna di dalam air, sementara garam amonium klorida akan terdisosiasi sebagian di dalam air dan penambahan sedikit basa kuat akan meningkatkan	19	32,76%

	[OH <sup>-</sup> ] tetapi jumlah molekul NH <sub>3</sub> dan ion NH <sub>4</sub> tetap (tidak paham)		
	siswa menganggap NH <sub>3</sub> termasuk asam lemah (miskonsepsi)	6	10,34%
14.	Siswa menganggap NH <sub>3</sub> akan terionisasi sempurna di dalam air, sementara garam amonium klorida akan terdisosiasi sebagian di dalam air dan penambahan sedikit asam kuat akan menurunkan [OH <sup>-</sup> ] tetapi jumlah molekul NH <sub>3</sub> dan ion NH <sub>4</sub> tetap (tidak paham)	23	39,66%
	siswa menganggap NH <sub>3</sub> termasuk asam lemah (miskonsepsi)	6	10,34%
15.	Siswa menganggap CH <sub>3</sub> COOH akan terionisasi sempurna dalam air, sementara garam CH <sub>3</sub> COONa akan terdisosiasi sebagian dalam air dan penambahan sedikit basa kuat akan menurunkan [H <sup>+</sup> ] tetapi jumlah molekul CH <sub>3</sub> COOH dan ion CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> tetap. (tidak paham)	18	31,03%
	siswa menganggap CH <sub>3</sub> COOH merupakan basa lemah (miskonsepsi)	7	12,06%
16.	Siswa menganggap CH <sub>3</sub> COOH akan terionisasi sempurna dalam air, sementara garam CH <sub>3</sub> COONa akan terdisosiasi sebagian dalam air dan penambahan sedikit asam kuat akan meningkatkan [H <sup>+</sup> ] tetapi jumlah molekul CH <sub>3</sub> COOH dan ion CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> tetap (tidak paham)	20	34,49%
	siswa menganggap CH <sub>3</sub> COOH merupakan basa lemah (miskonsepsi)	9	12,06%

**Keterangan :**

Dugaan penyebab kesalahan diperoleh dari analisis jawaban dan alasan siswa satu per satu untuk mengetahui miskonsepsi dan pemahaman salah siswa \*) dapat dilihat pada Tabel 3.2

**3.1.2. Kemampuan Siswa Terhadap Representasi Makroskopik-Simbolik**

Persentase jumlah siswa yang menjawab benar pada soal larutan penyangga representasi makroskopik-simbolik disajikan pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3 Persentase Jumlah Siswa Yang Menjawab Benar Pada Materi Larutan Penyangga Untuk Representasi Makroskopik-Simbolik**

Indikator soal	Nomor soal	Σ siswa yang menjawab benar		Kriteria
		Jumlah	Persentase (%)	
Sifat larutan penyangga Siswa dapat mengidentifikasi jenis larutan penyangga basa dan daerah pH yang dimiliki larutan, jika diberikan data persamaan reaksi kesetimbangan dari larutan basa lemah dengan garamnya	9	43	74,14%	Tinggi
Sifat larutan penyangga Siswa dapat mengidentifikasi jenis larutan penyangga basa, pH awal dan pH setelah	17	41	70,69%	Tinggi

penambahan asam maupun basa serta perubahan warna kertas lakmus suatu larutan, jika diberikan data persamaan reaksi dari larutan basa lemah dengan garamnya. Siswa dapat mengidentifikasi jenis larutan penyangga asam, $pH$ awal dan $pH$ setelah penambahan asam maupun basa serta perubahan warna kertas lakmus suatu larutan, jika diberikan data persamaan reaksi dari larutan asam lemah dengan garamnya.	20	41	70,69%	Tinggi
<b>Rata-rata</b>			<b>71,56%</b>	<b>Tinggi</b>
Komponen larutan penyangga Siswa dapat menentukan persamaan reaksi kesetimbangan yang tepat untuk larutan penyangga basa, jika diberikan gambaran gambaran ilustrasi pembuatan larutan penyangga basa.	1	38	65,52%	Tinggi
Siswa dapat menentukan persamaan reaksi kesetimbangan yang tepat untuk larutan penyangga asam jika diberikan gambaran ilustrasi pembuatan larutan penyangga asam.	3	37	63,79%	Tinggi
<b>Rata-rata</b>			<b>64,65%</b>	<b>Tinggi</b>
$pH$ larutan penyangga Siswa dapat menghitung $pH$ larutan penyangga basa sebelum penambahan basa kuat dan setelah penambahan basa kuat, jika diberikan data konsentrasi masing-masing komponen penyusun, $K_a$ asam lemah serta volume larutan penyangga asam	25	36	62,07%	Tinggi
Siswa dapat menghitung $pH$ larutan penyangga basa sebelum penambahan asam kuat dan setelah penambahan asam kuat, jika diberikan data konsentrasi masing-masing komponen penyusun, $K_a$ asam lemah serta volume larutan penyangga asam	26	36	62,07%	Tinggi
$pH$ larutan penyangga Siswa dapat menghitung $pH$	27	38	65,52%	Tinggi

larutan penyangga asam sebelum penambahan basa kuat dan setelah penambahan basa kuat, jika diberikan data konsentrasi masing-masing komponen penyusun, $K_a$ asam lemah serta volume larutan penyangga asam	28	38	65,51%	Tinggi
Siswa dapat menghitung $pH$ larutan penyangga asam sebelum penambahan asam kuat dan setelah penambahan asam kuat, jika diberikan data konsentrasi masing-masing komponen penyusun, $K_a$ asam lemah serta volume larutan penyangga asam				
<b>Rata-rata</b>			<b>63,80%</b>	<b>Tinggi</b>
Rata-rata kemampuan siswa terhadap representasi makroskopik-simbolik			66,67%	Tinggi

\*Kriteria berdasarkan: Arikunto (2015:89)

Berdasarkan data yang terdapat dalam Tabel 4.3, dapat diketahui bahwa rata-rata siswa yang menjawab benar dari 10 soal larutan penyangga pada representasi makroskopik-simbolik sebesar 66,67% termasuk kriteria tinggi. Distribusi dugaan kesalahan siswa pada materi larutan penyangga untuk representasi makroskopik-simbolik disajikan pada Tabel 4.4

**Tabel 4.4 Distribusi Dugaan Kesalahan Siswa Pada Pada Materi Larutan Penyangga Untuk Representasi Makroskopik-Simbolik**

No. Soal	Dugaan Penyebab Kesalahan	$\Sigma$ Siswa	%
9.	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan basa lemah $N_2H_4$ dan garam $N_2H_5Cl$ merupakan larutan basa karena terdapat ion $OH^-$ (tidak paham)	5	8,62%
	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan basa lemah $N_2H_4$ dan garam $N_2H_5Cl$ merupakan larutan penyangga basa karena terdapat $OH^-$ dan garam $N_2H_5Cl$ (miskonsepsi)	10	17,24%
11.	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan asam lemah $HF$ dan garam $NaF$ merupakan larutan asam karena terdapat ion $H^+$ (tidak paham)	5	8,62%
	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan asam lemah $HF$ dan garam $NaF$ merupakan larutan penyangga asam karena terdapat $H^+$ dan garam $NaF$ (miskonsepsi)	12	20,69%
17.	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan basa lemah $C_6H_5NH_2$ dan garam $C_6H_5NH_3Cl$ merupakan larutan basa karena terdapat $OH^-$ (tidak paham)	5	8,62%
	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan	12	20,69%



	basa lemah $C_6H_5NH_2$ dan garam $C_6H_5NH_3Cl$ merupakan larutan penyangga basa karena terdapat $OH^-$ dan garam $C_6H_5NH_3Cl$ (miskonsepsi)		
20.	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan asam lemah $H_2CO_3$ dan garam $NaHCO_3$ merupakan larutan asam karena terdapat ion $H^+$ (tidak paham)	6	10,34%
	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan asam lemah $H_2CO_3$ dan garam $NaHCO_3$ merupakan larutan penyangga asam karena terdapat ion $H^+$ dan garam $NaHCO_3$ (miskonsepsi)	11	18,97%
1.	Siswa menganggap garam $NH_4Cl$ reaksinya bolak-balik dan basa lemah $NH_3$ reaksinya searah (tidak paham)	15	25,86%
	Siswa menganggap basa lemah $NH_3$ sebagai asam lemah yang reaksinya bolak-balik (miskonsepsi)	5	8,62%
3.	Siswa menganggap garam $CH_3COONa$ reaksinya bolak-balik dan asam lemah $CH_3COOH$ reaksinya searah (tidak paham)	14	24,14%
	Siswa menganggap $CH_3COOH$ basa lemah yang reaksinya bolak-balik (miskonsepsi)	7	12,07%
25.	Siswa menganggap bahwa $[OH^-]$ dihitung atas dasar perbandingan konsentrasi a basa lemah dengan garam (miskonsepsi)	5	8,62%
	Siswa tidak bisa menghitung pH larutan penyangga basa setelah penambahan sedikit basa kuat (tidak paham)	17	29,31%
26.	Siswa menganggap bahwa $[OH^-]$ dihitung atas dasar perbandingan konsentrasi basa lemah dengan garam (miskonsepsi)	5	8,62%
	Siswa tidak bisa menghitung pH larutan penyangga basa setelah penambahan sedikit asam kuat (tidak paham)	17	29,31%
27.	Siswa menganggap bahwa $[H^+]$ dihitung atas dasar perbandingan konsentrasi asam lemah dengan garam (miskonsepsi)	6	10,34%
	Siswa tidak bisa menghitung pH larutan penyangga asam setelah penambahan sedikit basa kuat (tidak paham)	18	31,03%
28.	Siswa menganggap bahwa $[H^+]$ dihitung atas dasar perbandingan konsentrasi asam lemah dengan garam (miskonsepsi)	6	10,34%
	Siswa tidak bisa menghitung pH larutan penyangga asam setelah penambahan sedikit asam kuat (tidak paham)	18	31,03%

**Keterangan :**

Dugaan penyebab kesalahan diperoleh dari analisis jawaban dan alasan siswa satu per satu untuk mengetahui miskonsepsi dan pemahaman salah siswa

\*) dapat dilihat pada Tabel 3.2

### 3.1.3. Kemampuan Siswa Terhadap Representasi Mikroskopik-Symbolik

Persentase jumlah siswa yang menjawab benar pada soal larutan penyangga representasi mikroskopik-symbolik disajikan pada Tabel 4.5

**Tabel 4.5 Persentase Jumlah Siswa Yang Menjawab Benar Pada Materi Larutan Penyangga Untuk Representasi Mikroskopik-Symbolik**

Indikator soal	Nomor soal	$\Sigma$ siswa yang menjawab benar		Kriteria
		Jumlah	Persentase (%)	
Komponen larutan penyangga Siswa dapat menentukan komponen (molekul dan ion) dalam larutan penyangga basa, jika diberikan data persamaan reaksi kesetimbangan dari larutan basa lemah dengan garamnya	10	29	50,00%	Cukup
Siswa dapat menentukan komponen (molekul dan ion) dalam larutan penyangga asam, jika diberikan data persamaan reaksi kesetimbangan dari larutan asam lemah dengan garamnya	12	27	46,55%	Cukup
Siswa dapat mengidentifikasi campuran larutan yang dapat membentuk larutan penyangga basa dari data gambaran mikroskopik partikel larutan penyangga yang disediakan	6	30	51,72%	Cukup
Siswa dapat mengidentifikasi campuran larutan yang dapat membentuk larutan penyangga asam dari data gambaran mikroskopik partikel larutan penyangga yang disediakan	8	32	55,17%	Cukup
<b>Rata-rata</b>			<b>50,86%</b>	<b>Cukup</b>
Prinsip kerja larutan penyangga Siswa dapat menganalisis arah pergeseran kesetimbangan larutan penyangga basa setelah ditambahkan sedikit basa jika diberikan data persamaan reaksi suatu larutan penyangga basa	18	25	43,10%	Cukup
Siswa dapat menganalisis arah	19	26	44,83%	Cukup

pergeseran kesetimbangan larutan penyangga basa setelah ditambahkan sedikit asam, jika diberikan data persamaan reaksi suatu larutan penyangga basa				
Prinsip kerja larutan penyangga				
Siswa dapat menganalisis arah pergeseran kesetimbangan larutan penyangga asam setelah ditambahkan sedikit basa jika diberikan data persamaan reaksi suatu larutan penyangga basa	21	30	51,72%	Cukup
Siswa dapat menganalisis arah pergeseran kesetimbangan larutan penyangga asam setelah ditambahkan sedikit asam jika diberikan data persamaan reaksi suatu larutan penyangga basa	22	32	55,17%	Cukup
<b>Rata-rata</b>			<b>48,71%</b>	<b>Cukup</b>
Peran larutan penyangga				
Siswa dapat menuliskan persamaan reaksi kesetimbangan larutan penyangga pada sistem penyangga karbonat, jika diberikan pernyataan tentang penyangga karbonat.	23	40	68,97%	Tinggi
Siswa dapat menuliskan persamaan reaksi kesetimbangan larutan penyangga pada sistem penyangga fosfat, jika diberikan pernyataan tentang penyangga fosfat.	24	38	65,52%	Tinggi
<b>Rata-rata</b>			<b>67,25%</b>	<b>Tinggi</b>
Rata-rata kemampuan siswa terhadap representasi mikroskopik-simbolik			55,61%	Cukup

\*Kriteria berdasarkan: Arikunto (2015:89)

Berdasarkan data yang terdapat dalam Tabel 4.5, dapat diketahui bahwa rata-rata siswa yang menjawab benar dari 10 soal larutan penyangga pada representasi mikroskopik-simbolik sebesar 55,61% termasuk kriteria cukup. Distribusi dugaan kesalahan siswa pada materi larutan penyangga untuk representasi mikroskopik-simbolik disajikan pada Tabel 4.6

**Tabel 4.6 Distribusi Dugaan Kesalahan Siswa Pada Pada Materi Larutan Penyangga Untuk Representasi Mikroskopik-Symbolik**

No. Soal	Dugaan Penyebab Kesalahan	$\Sigma$ Siswa	%
10.	siswa menganggap garam $N_2H_5Cl$ tidak terdisosiasi dan menganggap basa lemah $N_2H_4$ terionisasi sempurna (tidak paham)	8	13,80%
	siswa menganggap basa lemah $N_2H_4$ tidak terionisasi (miskonsepsi)	21	36,21%
12.	siswa menganggap HF terionisasi sempurna dan garam NaF tidak terdisosiasi (tidak paham)	10	17,24%
	siswa menganggap HF tidak terionisasi (miskonsepsi)	18	31,03%
6.	siswa menganggap larutan penyangga basa dapat dibuat dengan mereaksikan basa lemah dengan asam kuat berlebih (tidak paham)	8	13,80%
	siswa menganggap larutan penyangga basa dapat dibuat dengan mereaksikan asam kuat dengan garam (tidak paham)	20	34,48%
8.	siswa menganggap larutan penyangga asam dapat dibuat dengan mereaksikan asam lemah dengan basa kuat berlebih (tidak paham)	9	15,52%
	siswa menganggap larutan penyangga asam dapat dibuat dengan mereaksikan basa kuat dengan garam (tidak paham)	17	29,31%
18.	siswa menganggap penambahan sedikit basa pada larutan penyangga basa akan menyebabkan ion $OH^-$ bereaksi dengan molekul basa lemah dan kesetimbangan bergeser ke kanan (tidak paham)	5	8,62%
	siswa menganggap penambahan sedikit basa kuat pada larutan penyangga basa akan mengurangi konsentrasi reaktan dan kesetimbangan bergeser ke kiri (miskonsepsi)	28	48,28%
19.	siswa menganggap penambahan sedikit asam pada larutan penyangga basa akan menyebabkan ion $H^+$ bereaksi asam konjugasi dan kesetimbangan bergeser ke kiri (tidak paham)	7	12,07%
	siswa menganggap penambahan sedikit asam pada larutan penyangga basa akan mengurangi konsentrasi produk dan kesetimbangan bergeser ke kanan (miskonsepsi)	25	43,10%
21.	siswa menganggap penambahan sedikit basa kuat pada larutan penyangga asam akan menyebabkan ion $OH^-$ bereaksi dengan basa konjugasi dan kesetimbangan bergeser ke kiri (tidak paham)	8	13,80%
	siswa menganggap penambahan sedikit basa pada larutan penyangga asam akan mengurangi konsentrasi reaktan dan kesetimbangan bergeser	20	34,48%

ke kiri (miskonsepsi)

22.	siswa menganggap penambahan sedikit basa kuat pada larutan penyangga asam akan menyebabkan ion $H^+$ bereaksi dengan basa lemah dan kesetimbangan bergeser ke kiri (tidak paham)	8	13,80%
	siswa menganggap penambahan sedikit asam pada larutan penyangga asam akan mengurangi konsentrasi produk dan kesetimbangan bergeser ke kiri (miskonsepsi)	18	31,03%
23.	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan penyangga karbonat terdiri dari $CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$ (tidak paham)	18	31,03%
24.	siswa menganggap persamaan reaksi kesetimbangan penyangga fosfat terdiri dari $H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$ (tidak paham)	20	34,48%

Keterangan :

Dugaan penyebab kesalahan diperoleh dari analisis jawaban dan alasan siswa satu per satu untuk mengetahui miskonsepsi dan pemahaman salah siswa

\*) dapat dilihat pada Tabel 3.2

### 3.2. PEMBAHASAN

#### 3.2.1. Kemampuan Siswa Terhadap Representasi Makroskopik-Mikroskopik

Pembahasan kemampuan representasi makroskopik-mikroskopik siswa merujuk pada hasil analisis data Tabel 4.1 dan 4.2. Berdasarkan data pada Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa rata-rata siswa yang menjawab benar pada 8 soal representasi makroskopik-mikroskopik sebesar 57,61% termasuk persentase dalam kriteria cukup.

Kemampuan Representasi Makroskopik-Mikroskopik Siswa pada Konsep Sifat Larutan Penyangga

Sifat larutan penyangga diukur dengan menggunakan butir soal nomor 5 dan 7 dengan disajikan gambaran mikroskopik berupa partikel-partikel penyusun larutan penyangga, siswa dapat mengidentifikasi jenis larutan penyangga dan sifat larutannya, penyebab kesalahan karena siswa kurang memahami teori asam basa, jenis larutan asam basa (lemah atau kuat), ionisasi pada asam basa atau disosiasi pada garam dan kurangnya pemahaman siswa mengenai partikel-partikel penyusun larutan penyangga, sehingga siswa mengalami kebingungan ketika harus merepresentasikan partikel-partikel penyusun larutan penyangga ke dalam representasi makroskopiknya. Hal tersebut terbukti setelah dilakukannya wawancara dengan beberapa siswa yang menjawab benar dan alasan salah. Ringkasan hasil wawancara soal nomor 5 tersebut disajikan sebagai berikut.

*P: "manakah jawaban yang paling tepat untuk soal nomor 5?"*

*S: "yang D bu,"*

*P: "mengapa kok D?"*

*S: "karena di dalam larutan tersebut ada ion  $OH^-$  dan garam bu, jadi ya termasuk larutan penyangga basa."*

### 3.2.2. Kemampuan Representasi Makroskopik-Mikroskopik Siswa pada Konsep Komponen Larutan Penyangga

Komponen larutan penyangga diukur dengan menggunakan butir soal nomor 2 dan 4 dengan disajikan gambaran makroskopik pembuatan larutan penyangga, siswa dapat merepresentasikan ke dalam representasi mikroskopiknya yaitu partikel-partikel penyusun larutan penyangga, penyebab kesalahan karena siswa kurang memahami teori asam basa, jenis larutan asam basa (lemah atau kuat), konsep ionisasi asam/basa lemah atau disosiasi garam, sehingga siswa mengalami kesulitan ketika harus merepresentasikan gambaran makroskopik pembuatan larutan penyangga ke dalam representasi mikroskopik yaitu partikel-partikel penyusun larutan penyangga. Hal tersebut terbukti setelah dilakukannya wawancara dengan beberapa siswa yang menjawab salah dan alasan salah. Ringkasan hasil wawancara pada soal nomor 2 tersebut disajikan sebagai berikut.

P: "manakah jawaban yang paling tepat untuk soal nomor 2?"

S: "yang C bu, "

P: "mengapa kok C"?

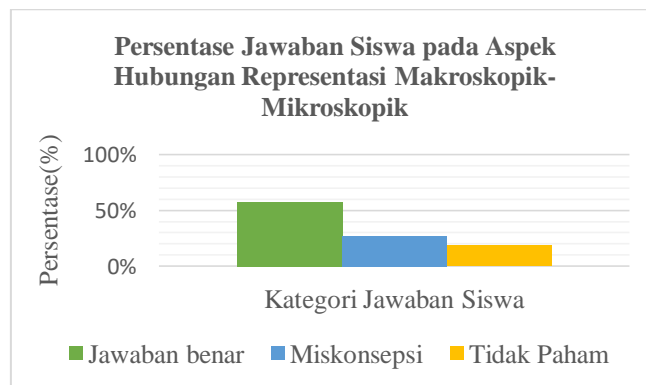
S: "karena  $NH_4Cl$  nanti akan terdisosiasi sebagian saja bu dan yang  $NH_3$  akan terionisasi sempurna jadi kan yang  $NH_3$  molekulnya habis bu menjadi ion-ion, sesuai jawaban C tidak ada gambar molekul  $NH_3$  lagi bu."

### 3.2.3. Kemampuan Representasi Makroskopik-Mikroskopik Siswa pada Konsep Prinsip Kerja Larutan Penyangga

Prinsip kerja larutan penyangga diukur dengan menggunakan butir soal 13, 14, 15 dan 16, dengan disajikan gambaran makroskopik pembuatan larutan penyangga yang ditambahkan sedikit asam/basa kuat siswa dapat merepresentasikan ke dalam gambaran mikroskopik berupa partikel-partikel penyusunnya, penyebab kesalahan karena siswa tidak paham terhadap materi sebelumnya yaitu teori asam basa, jenis larutan asam basa (lemah atau kuat), konsep ionisasi asam basa atau disosiasi garam dan reaksi kesetimbangan dengan benar.

Secara keseluruhan rata-rata persentase siswa yang menjawab benar, miskonsepsi dan tidak paham pada soal larutan penyangga aspek representasi makroskopik-mikroskopik dapat digambarkan dalam grafik yang disajikan pada Gambar 5.1.

**Gambar 5.1 Persentase Jawaban Siswa yang Menjawab Benar, Miskonsepsi dan Tidak Paham pada Aspek Hubungan Representasi Makroskopik-Mikroskopik**



### 3.2.4. Kemampuan Siswa Terhadap Representasi Makroskopik-Simbolik

Pembahasan kemampuan representasi makroskopik-simbolik siswa merujuk pada hasil analisis data Tabel 4.3 dan 4.4. Berdasarkan data pada Tabel 4.3, dapat diketahui bahwa rata-rata siswa yang menjawab benar pada 10 soal representasi makroskopik-simbolik sebesar 66,67% termasuk persentase dalam kriteria tinggi.

### 3.2.5. Kemampuan Representasi Makroskopik-Simbolik Siswa pada Konsep Sifat Larutan Penyangga

Sifat larutan penyangga diukur dengan menggunakan soal nomor 9, 11, 17 dan 20, dengan disajikan persamaan reaksi kesetimbangan dari larutan penyangga siswa dapat mengidentifikasi jenis larutan penyangga disertai sifat larutan penyangga berupa daerah  $pH$  yang dimiliki larutan penyangga,  $pH$  awal dan  $pH$  setelah penambahan sedikit asam/basa serta perubahan warna pada kertas lakmus, penyebab kesalahan karena siswa kurang memahami teori asam basa, jenis larutan asam basa (lemah atau kuat), komponen penyusun larutan penyangga asam/basa sehingga siswa tidak paham dalam membedakan larutan asam, larutan basa, larutan penyangga basa dan larutan penyangga basa, selain itu siswa kurang memahami persamaan reaksi kesetimbangan. Hal tersebut terbukti setelah dilakukannya wawancara dengan beberapa siswa yang menjawab salah dan alasan salah. Ringkasan hasil wawancara terhadap soal nomor 9 tersebut disajikan sebagai berikut.

*P: "manakah jawaban yang paling tepat untuk soal nomor 9?"*

*S: "yang C bu,"*

*P: "mengapa kok C?"*

*S: "karena ada ion  $OH^-$ , jadi ya larutan basa bu."*

### 3.2.6. Kemampuan Representasi Makroskopik-Simbolik Siswa pada Konsep Komponen Larutan Penyangga

Komponen larutan penyangga diukur dengan menggunakan butir soal nomor 1 dan 3, dengan disajikan gambaran makroskopik pembuatan larutan penyangga, siswa dapat menentukan persamaan reaksi kesetimbangannya, penyebab kesalahan karena siswa belum memahami teori asam basa, jenis larutan asam basa (lemah atau kuat) dan kurangnya pemahaman siswa dalam memahami derajat ionisasi atau derajat disosiasi ( $\alpha$ ), dengan demikian siswa mengalami kesalahan dalam memahami reaksi ionisasi asam lemah atau basa lemah dan reaksi disosiasi garam. Berikut ringkasan wawancara peneliti dengan beberapa siswa yang menjawab salah pada nomor 3.

*P: "manakah persamaan reaksi yang paling tepat dari ilustrasi gambar nomor 3?"*

*S: "yang A bu"*

*P: "mengapa kok milih jawaban yang A"*

*S: "Menurut saya  $CH_3COONa$  itu panah nya bolak-balik bu sedangkan yang  $CH_3COOH$  lurus bu".*

*P: "Mengapa  $CH_3COONa$  itu panah nya bolak-balik sedangkan yang  $CH_3COOH$  searah".*

*S: "tidak tahu bu, tadi yang nomor 1 juga gitu bu".*

### 3.2.7. Kemampuan Representasi Makroskopik-Simbolik Siswa pada Konsep pH Larutan Penyangga

Konsep pH larutan penyangga diukur dengan menggunakan butir soal nomor 25, 26, 27 dan 28, dengan disajikan gambaran makroskopik pembuatan larutan penyangga yang ditambahkan sedikit asam/basa kuat, siswa dapat menghitung pH larutan penyangga sebelum dan sesudah penambahan sedikit asam kuat/basa kuat, penyebab kesalahan karena ketidakmampuan siswa dalam menuliskan persamaan reaksi ketika larutan penyangga ditambahkan sedikit HCl dan NaOH dengan benar sehingga siswa tidak bisa menghitung jumlah mol larutan penyangga setelah penambahan HCl dan NaOH sehingga menyebabkan siswa tidak paham ketika harus menghitung pH penyangga setelah penambahan sedikit HCl dan NaOH. Hal tersebut terbukti setelah dilakukannya wawancara dengan beberapa siswa yang menjawab benar dan alasan salah. Ringkasan hasil wawancara tersebut disajikan sebagai berikut.

P: "manakah jawaban yang paling tepat untuk soal nomor 25?"

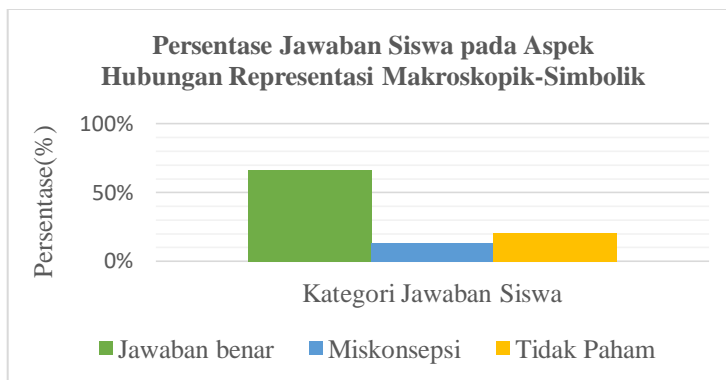
S: "yang A bu,"

P: "yang perhitungan pH setelah penambahan NaOH mana?"

S: "tidak bisa menghitung bu."

Secara keseluruhan rata-rata persentase siswa yang menjawab benar, miskonsepsi dan tidak paham pada soal-soal larutan penyangga representasi makroskopik-simbolik dapat digambarkan dalam grafik yang disajikan pada Gambar 5.2.

**Gambar 5.2 Persentase Jawaban Siswa yang Menjawab Benar, Miskonsepsi dan Tidak Paham pada Aspek Hubungan Representasi Makroskopik-Simbolik**



### 3.2.8. Kemampuan Siswa Terhadap Representasi Mikroskopik-Simbolik

Pembahasan kemampuan representasi mikroskopik-simbolik siswa merujuk pada hasil analisis data Tabel 4.5 dan 4.6. Berdasarkan data pada Tabel 4.5, dapat diketahui bahwa rata-rata siswa yang menjawab benar pada 10 soal representasi mikroskopik-simbolik sebesar 55,59% yang termasuk persentase dalam kriteria cukup.

Kemampuan Representasi Mikroskopik-Simbolik Siswa pada Konsep Komponen Larutan Penyangga



Komponen larutan penyangga diukur dengan butir soal nomor 6 dan 8 disajikan gambaran mikroskopik berupa partikel-partikel penyusun larutan penyangga, siswa harus mengidentifikasi campuran larutan yang dapat membentuk penyangga dari gambar yang disajikan, diukur dengan butir soal nomor 10 dan 12 disajikan persamaan reaksi kesetimbangan dari larutan penyangga, siswa dapat menentukan spesi-spesi penyusun larutan penyangganya, penyebab kesalahan karena siswa tidak memahami cara pembuatan larutan penyangga dan siswa kurang memahami teori asam basa, jenis larutan asam basa (lemah atau kuat), konsep ionisasi asam/basa lemah atau disosiasi garam. Berikut ringkasan wawancara peneliti dengan beberapa siswa yang menjawab salah pada nomor 6.

*P: "menurutmu campuran yang dapat membentuk larutan pada gambar mikroskopik ini yang mana?"*

*S: "gambar itu kan larutan penyangga basa ya bu, karena ada OH- dan garam, berarti campurannya yang A".*

*P: "mengapa bisa yang A".*

*S: "itu kan ada NaOH bu dengan NH<sub>4</sub>Cl".*

### **3.2.9. Kemampuan Representasi Mikroskopik-Symbolik Siswa pada Konsep Prinsip Larutan Penyangga**

Prinsip larutan penyangga diukur menggunakan butir soal nomor 18, 19, 21 dan 22, dengan disajikan persamaan reaksi kesetimbangan dari penyangga asam/basa, siswa dapat menganalisis prinsip kerja larutan penyangga setelah ditambahkan sedikit asam/basa kuat, penyebab kesalahan karena siswa tidak paham materi reaksi kesetimbangan kimia, sehingga siswa mengalami kebingungan untuk memahami pengaruh penambahan sedikit asam kuat ke dalam larutan penyangga basa dan bagaimana pergeseran kesetimbangannya. Hal tersebut terbukti setelah dilakukannya wawancara dengan beberapa siswa yang menjawab benar dan alasan salah. Ringkasan hasil wawancara tersebut disajikan sebagai berikut.

*P: "manakah jawaban yang paling tepat untuk soal nomor 18?"*

*S: "yang A bu"*

*P: "mengapa kok A"?*

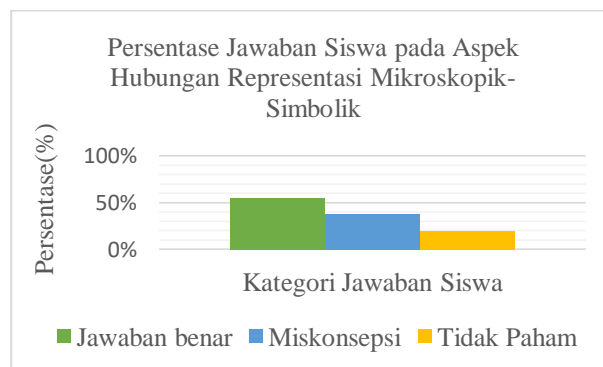
*S: "karena penyangga basa ditambah sedikit basa kan reaktannya berkurang, kesetimbangan bergeser ke yang kurang ke kiri bu".*

### **3.2.10. Kemampuan Representasi Mikroskopik-Symbolik Siswa pada Konsep Peran Larutan Penyangga**

Peran larutan penyangga dalam kehidupan sehari-hari diukur menggunakan butir soal nomor 23 dan 24 dengan disajikan pernyataan mikroskopik dari sistem penyangga karbonat dan fosfat siswa dapat menuliskan persamaannya.

Secara keseluruhan rata-rata persentase siswa yang menjawab benar, miskonsepsi dan tidak paham pada soal-soal larutan penyangga representasi mikroskopik-symbolik dapat digambarkan dalam grafik yang disajikan pada Gambar 5.3.

**Gambar 5.3 Persentase Jawaban Siswa yang Menjawab Benar, Miskonsepsi dan Tidak Paham pada Aspek Hubungan Representasi Mikroskopik-Simbolik.**



#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: bahwa (1) kemampuan representasi makroskopik-mikroskopik siswa pada materi larutan penyangga sebesar 57,61% (kriteria cukup), (2) kemampuan representasi makroskopik-simbolik siswa pada materi larutan penyangga sebesar 66,67% (kriteria tinggi), (3) kemampuan representasi mikroskopik-simbolik siswa pada materi larutan penyangga sebesar 55,61% (kriteria cukup), (4) kemampuan pemahaman siswa terhadap materi larutan penyangga pada representasi makroskopik-mikroskopik yaitu miskonsepsi sebesar 27,20% dan tidak paham sebesar 18,56%, (5) kemampuan pemahaman siswa terhadap materi larutan penyangga pada representasi makroskopik-simbolik yaitu miskonsepsi sebesar 13,62% dan tidak paham sebesar 20,69% dan (6) kemampuan pemahaman siswa terhadap materi larutan penyangga pada representasi mikroskopik-simbolik yaitu miskonsepsi sebesar 37,36% dan tidak paham sebesar 19,82%.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyadari penelitian ini tidak sempurna bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Dr. Hj. Hayuni Retno Widarti, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Drs. Darsono Sigit, M.Pd selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan skripsi, sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik,
- (2) Dr. H. Mahmudi, M. Si selaku dosen penguji yang memberikan masukan berupa saran dan kritik dalam penyusunan skripsi ini.

#### Daftar Rujukan

- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2008). An evaluation of a teaching intervention to promote students' ability to use multiple levels of representation when describing and explaining chemical reactions. *Research in Science Education*, 38(2), 237-248.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical education*, 76(4), 548.
- Gilbert, J. K. (2009). *Multiple representations in chemical education* (Vol. 4, pp. 4-6). D. Treagust (Ed.). Dordrecht: Springer.

- Indrayani, P. (2012). Analisis Pemahaman Makroskopik, Mikroskopik dan Simbolik Titrasi Asam-Basa Siswa Kelas XI IPA SMA serta Upaya Perbaikannya Dengan Pendekatan Mikroskopik.(Tesis). *DISERTASI dan TESIS Program Pascasarjana UM*.
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2):2–20.
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International journal of science education*, 25(11), 1353-1368.