

# Analisis Pemahaman Makroskopik, Mikroskopik, dan Simbolik Titrasi Asam-Basa Siswa Kelas XI IPA SMA serta Upaya Perbaikannya dengan Pendekatan Mikroskopik

Putu Indrayani

Pendidikan Kimia-Pascasarjana Universitas Negeri Malang  
Jl. Semarang 5 Malang. Email: putuindrayani\_sma2@yahoo.co.id

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) tingkat pemahaman makroskopik, mikroskopik dan simbolik siswa; (2) kesalahan pemahaman makroskopik, mikroskopik dan simbolik siswa; (3) keefektifan pendekatan mikroskopik sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan soal-soal makroskopik, simbolik dan mikroskopik pada materi titrasi asam-basa. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian deskriptif dan rancangan penelitian eksperimen semu. Data penelitian adalah pemahaman makroskopik, simbolik dan mikroskopik siswa pada materi titrasi asam-basa. Pemahaman siswa diukur dengan instrumen tes yang meliputi: (1) tes pemahaman makroskopik, (2) tes pemahaman simbolik, dan (3) tes pemahaman mikroskopik. Validitas isi diuji oleh tim ahli dan reliabilitas soal tes makroskopik dan mikroskopik dihitung menggunakan *Spearman-Brown* sedangkan reliabilitas soal tes simbolik dihitung menggunakan *Alpha Cronbach's*. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif dan uji statistik menggunakan Anacova. Hasil penelitian adalah sebagai berikut. (1) Tingkat pemahaman makroskopik siswa adalah tinggi, sedangkan tingkat pemahaman simbolik dan mikroskopik siswa adalah sangat rendah. (2) Kesalahan pemahaman makroskopik yang teridentifikasi adalah siswa tidak memahami bahwa warna yang ditunjukkan oleh indikator berhubungan dengan sifat larutan. Kesalahan pemahaman simbolik yang teridentifikasi adalah: (i) siswa tidak dapat menulis reaksi ionisasi; dan (ii) siswa tidak dapat memilih rumus yang digunakan untuk menghitung pH larutan. Kesalahan pemahaman mikroskopik yang teridentifikasi adalah siswa tidak dapat memberikan gambaran mikroskopik dari larutan asam kuat, basa kuat, asam lemah, basa lemah, dan larutan garam karena mereka tidak memahami ionisasi yang terjadi. (3) Pendekatan mikroskopik menghasilkan peningkatan kemampuan siswa dalam menyelesaikan soal-soal makroskopik, simbolik dan mikroskopik lebih tinggi dibandingkan pendekatan konvensional. (4) Temuan terpenting dalam penelitian ini adalah siswa beranggapan bahwa garam baru dapat terbentuk jika jumlah mol asam dan mol basa yang bereaksi sama.

**Kata kunci:** representasi, makroskopik, mikroskopik, simbolik, pendekatan mikroskopik

Ilmu kimia adalah cabang dari sains yang berkaitan dengan sifat materi, struktur materi, perubahan materi, hukum-hukum dan prinsip-prinsip yang menggambarkan perubahan materi, serta konsep-konsep dan teori-teori yang menafsirkan (menjelaskan) perubahan materi (Slaubaugh & Parsons, 1972). Kean & Middlecamp (1985) menyatakan bahwa salah satu karakteristik ilmu kimia adalah sebagian besar konsep-konsepnya bersifat abstrak, seperti struktur atom, ikatan kimia dan konsep asam-basa. Sifatnya yang abstrak menyebabkan kimia cenderung menjadi pelajaran yang sulit bagi kebanyakan siswa (Taber, 2002 dalam Sirhan 2007). Selain sifatnya yang abstrak, kesulitan mempelajari kimia juga disebabkan

oleh kompleksnya perhitungan yang terlibat, bahasa yang jarang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, serta perbedaan level-level representasi yang digunakan para ahli kimia dalam menjelaskan fenomena kimia (Gabel & Bunce 1994 dalam Sheppard 2006).

Fenomena kimia digambarkan dan dijelaskan oleh para ahli kimia menggunakan level-level representasi yang meliputi representasi makroskopik, mikroskopik, dan simbolik. Representasi makroskopik merupakan level konkret, dimana pada level ini siswa mengamati fenomena yang terjadi, baik melalui percobaan yang dilakukan atau fenomena yang terjadi pada kehidupan sehari-hari. Fenomena yang diamati dapat berupa timbulnya bau, terjadinya perubahan

warna, pembentukan gas dan terbentuknya endapan dalam reaksi kimia. Representasi mikroskopik merupakan level abstrak yang menjelaskan fenomena makroskopik. Representasi ini memberikan penjelasan pada level partikel dimana materi digambarkan sebagai susunan dari atom-atom, molekul-molekul dan ion-ion, sedangkan representasi simbolik digunakan untuk merepresentasikan fenomena makroskopik dengan menggunakan persamaan kimia, persamaan matematika, grafik, mekanisme reaksi, dan analogi-analogi (Johnstone 1982 dalam Chandrasegaran, Treagust, & Mocerino 2007).

Bowen & Bunce (1997) mengungkapkan bahwa pemahaman konseptual dalam kimia melibatkan kemampuan untuk merepresentasikan dan menerjemahkan masalah kimia ke dalam bentuk representasi makroskopik, mikroskopik, dan simbolik. Penyajian konsep kimia dengan tiga level representasi secara simultan merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan oleh guru dalam proses pembelajaran kimia. Namun, pembelajaran kimia umumnya cenderung membatasi pada level makroskopik dan level simbolik saja, representasi mikroskopik cenderung diabaikan. Hal ini menyebabkan siswa cenderung kesulitan untuk memahami konsep-konsep kimia yang kebanyakan bersifat abstrak (berada pada tingkatan molekuler atau mikroskopik). Disamping itu, Gabel (1993) juga mengungkapkan bahwa pembelajaran kimia yang hanya menekankan pada level simbolik dan pemecahan masalah menyebabkan siswa kesulitan untuk mengembangkan pemahaman konseptual dalam kimia.

Fakta di atas berakibat negatif terhadap pemahaman siswa. Pemahaman pada level mikroskopik yang cenderung tertinggal. Penelitian yang menunjukkan rendahnya pemahaman mikroskopik telah dibuktikan. Hinton dan Nakhleh (1999) dalam penelitiannya pada materi reaksi kimia, menyatakan bahwa tidak ada seorang partisipan pun yang menunjukkan pemahaman yang jelas pada karakteristik mikroskopik dari ion-ion poliatom serta terdapat partisipan yang memiliki beberapa kesalahpahaman pada aspek mikroskopik yang substansial pada reaksi kimia. Chittleborough, Treagust dan Mocerino (2002) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa sebagian besar siswa mampu mengaitkan representasi simbolik terhadap fenomena makroskopik, tetapi ketika siswa ditanya tentang arti representasi mikroskopik, hanya beberapa siswa yang memiliki penggambaran mikroskopik untuk fenomena partikular. Pemahaman pada level mikroskopik yang cenderung tertinggal dapat menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam me-

ngembangkan pemahaman konseptual serta dapat menyebabkan terjadinya kesalahan konsep. Tasker dan Dalton (2006) mengungkapkan bahwa banyaknya kesalahan konsep yang terjadi dalam kimia berasal dari ketidakmampuan siswa untuk memvisualisasikan struktur dan proses pada level mikroskopik.

Barke, *et al.* (2009) menambahkan bahwa kesalahan konsep (miskonsepsi) siswa juga dapat disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, konsep yang dikembangkan siswa sebelumnya (*students pre-concepts*) kurang tepat, yaitu siswa salah menginterpretasikan gejala atau peristiwa yang dihadapi dalam hidupnya. Kedua, miskonsepsi dapat bersumber dari pembelajaran di sekolah (*school-made misconceptions*) yaitu pembelajaran dari guru yang kurang terarah sehingga siswa salah dalam menginterpretasikan terhadap suatu konsep tertentu. Disamping itu, miskonsepsi juga dapat berasal dari gurunya yang memiliki miskonsepsi pada konsep kimia tertentu. Calik dan Ayas (2004) dalam penelitiannya menemukan adanya persamaan miskonsepsi antara siswa tingkat 8 dengan calon guru yang membelajarkan siswa tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa miskonsepsi yang dimiliki oleh siswa diturunkan dari miskonsepsi yang dimiliki oleh guru mereka.

Materi asam-basa merupakan salah satu materi yang cenderung sulit dipahami siswa. Sheppard (2006) mengungkapkan bahwa topik asam-basa merupakan materi yang padat secara konseptual dan membutuhkan pemahaman yang dintegrasikan pada banyak konsep pengantar kimia seperti karakteristik partikel dalam materi, sifat dan komposisi larutan, struktur atom, ikatan ionik dan kovalen, simbol, formula dan persamaan reaksi, ionisasi serta kesetimbangan. Disamping padat secara konseptual materi asam basa juga bersifat abstrak sehingga menyebabkan siswa cenderung sulit memahaminya. Sheppard (2006) menyatakan kesulitan siswa dalam memahami materi asam-basa ditunjukkan dengan banyak terjadinya kesalahan konsep pada materi ini. Konsep asam-basa merupakan konsep yang mendasari materi titrasi asam-basa. Jika konsep asam-basa yang mendasari materi titrasi asam-basa belum dipahami siswa, maka siswa cenderung mengalami kesulitan untuk memahami materi titrasi asam-basa. Kesalahan konsep juga terjadi pada materi titrasi asam-basa. Schmidt 1995 (dalam Sheppard, 2006) dalam penelitiannya melaporkan bahwa siswa menganggap produk dari reaksi netralisasi selalu memiliki pH 7 dan siswa menggambarkan netralisasi sebagai pengaruh yang tersembunyi (*hidden persuader*), selain itu siswa

juga memiliki kesulitan dalam memahami apa yang terjadi terhadap nilai pH selama proses titrasi berlangsung. Sheppard juga menemukan bahwa enam dari enam belas siswa menggambarkan proses netralisasi sebagai pencampuran fisika dari asam dan basa yang tidak menghasilkan produk, tidak memiliki persamaan reaksi karena yang terjadi adalah perubahan fisika dan proses direpresentasikan menggunakan diagram dengan tanpa bereaksinya spesies-spesies kimia. Siswa lainnya menggambarkan netralisasi sebagai proses dominasi asam terhadap basa dimana asam lebih kuat daripada basa. Ketika siswa ditanya kapan indikator akan berubah warna, jawaban yang paling sering terjadi adalah pada pH 7. Sebagian besar siswa menduga bahwa indikator akan berubah warna ketika larutan menjadi netral. Beberapa siswa menjelaskan kurva titrasi pada waktu sebelum titik ekuivalen, pada titik ekuivalen dan setelah titik ekuivalen merupakan sifat berdasar waktu (*time-dependent nature*) untuk interaksi antara asam dan basa. Berdasarkan hasil laporan tersebut nampak bahwa siswa memiliki pemahaman yang relatif rendah terkait interaksi kimia, netralisasi dan pH.

Materi titrasi asam-basa yang diberikan di kelas XI program IPA pada semester empat, diperoleh setelah materi asam-basa. Sebagaimana disebutkan di atas bahwa materi asam-basa merupakan materi yang bersifat abstrak, konsekuensinya materi tersebut membutuhkan penjelasan sampai pada level mikroskopik. Level mikroskopik tidak dapat dipisahkan dari dua level representasi yang lainnya karena mengandung informasi yang saling terkait (*inter-connectedness*) dengan dua level representasi yang lainnya. Representasi makroskopik dalam materi titrasi asam-basa diperoleh dari aktivitas eksperimen dengan mengamati gejala makroskopik dari hasil percobaan yaitu terjadinya perubahan warna dari indikator. Kemudian fenomena makroskopik yang ditimbulkan tersebut direpresentasikan secara simbolik dengan menggunakan persamaan reaksi dan menentukan pH larutan menggunakan persamaan matematika. Adanya informasi yang saling terkait antara tiga level representasi ini menyebabkan siswa harus mampu 'bergerak' dari satu level representasi ke level representasi yang lainnya.

Pentingnya peranan tiga level representasi dalam proses pembelajaran kimia, menyebabkan peneliti ingin mengetahui pemahaman siswa tentang materi titrasi asam-basa pada tiga level representasi. Selain itu materi titrasi asam-basa merupakan salah satu masalah penting yang harus diteliti mengingat masih

relatif rendahnya pemahaman siswa terkait netralisasi dan pH (Sheppard, 2006). Pentingnya penelitian ini juga disebabkan karena materi asam-basa yang mendasari materi titrasi asam-basa merupakan materi yang sulit bagi kebanyakan siswa karena konsepnya yang bersifat abstrak (Suyanti, 2010).

Keabstrakan materi asam-basa dapat diminimalisir dengan memberikan penjelasan menggunakan representasi mikroskopik (level molekuler). Pendekatan dalam pembelajaran kimia yang menggunakan level molekuler untuk menjelaskan suatu fenomena kimia disebut sebagai pendekatan mikroskopik. Davidowitz & Chittleborough, (2009) menyatakan level molekuler tidak dapat diamati secara langsung, oleh karena itu merupakan suatu hal yang penting untuk memberikan gambaran/visualisasi pada level molekuler kepada siswa. Hal ini dilakukan untuk membantu siswa dalam mengembangkan model mental siswa, mengingat penjelasan kimia yang hampir selalu bergantung pada level molekuler atau level mikroskopik.

Gabel (1993) mengindikasikan pengajaran yang melibatkan karakteristik materi dalam skala partikel (level mikroskopik) akan membantu siswa membuat hubungan antara tiga level representasi dalam pembelajaran kimia. Adanya penjelasan pada karakteristik materi dalam skala partikel (level mikroskopik) akan meningkatkan pemahaman siswa. Hal ini disebabkan karena dengan adanya penjelasan pada level mikroskopik, maka level mikroskopik tidak dapat dipisahkan dengan level sensori (makroskopik) atau representasi simbolik. Akibatnya satu atau dua level yang lain akan masuk secara simultan. Oleh karena itu adanya penjelasan karakteristik materi dalam skala partikel (level mikroskopik) kepada siswa, menyebabkan siswa cenderung dapat menghubungkan pengetahuannya pada dua atau tiga level representasi. Devetak, *et al.*, (2007) menambahkan bahwa representasi mikroskopik merupakan elemen penting, tidak hanya untuk menjelaskan pengamatan eksperimental kepada siswa, tetapi juga dalam proses evaluasi pengetahuan siswa.

Penggunaan representasi mikroskopik dalam pembelajaran kimia selain dapat meningkatkan pemahaman siswa juga memiliki keuntungan yang lain yaitu (1) memberikan pemahaman konseptual yang utuh dan menyeluruh kepada siswa, sehingga siswa tidak membuat interpretasi sendiri dalam memberikan gambaran mikroskopik. Hal ini dapat membantu mengurangi terjadinya miskonsepsi, karena banyak miskonsepsi yang terjadi dalam kimia berasal dari ketidakmampuan untuk memvisualisasikan struktur dan

proses pada level mikroskopik (Tasker dan Dalton, 2006), (2) dapat menjelaskan suatu konsep mikroskopik dan mengaplikasikannya dalam memecahkan masalah masalah matematik, (3) menjelaskan pengamatan eksperimental kepada siswa dan dapat digunakan untuk mengevaluasi pengetahuan siswa (Devetak, *et al.*, 2007), serta (4) dapat meningkatkan ingatan siswa, karena dengan adanya penjelasan pada level mikroskopik pengetahuan yang diperoleh siswa menjadi utuh pada tiga level representasi (Devetak, *et al.*, 2004).

Beberapa hasil penelitian terkait penggunaan representasi mikroskopik terhadap pemahaman siswa dilakukan oleh beberapa peneliti. Smith dan Metz (1996:235) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa strategi mengajar kimia menggunakan bantuan visual secara mikroskopik dapat menjelaskan konsep sebelum menerapkan perhitungan matematika. Hal ini akan meningkatkan pemahaman dan ingatan siswa dengan memberi kesempatan siswa menggambarkan representasi kimia secara mikroskopik. Pertanyaan yang melibatkan representasi mikroskopik dapat mengevaluasi pemahaman siswa pada beberapa konsep kimia.

Devetak, *et al.*, (2007) menyatakan bahwa dengan melibatkan representasi mikroskopik dalam proses pendidikan dalam kelas kimia dapat membantu siswa untuk mengembangkan pemahaman mendalam pada konsep-konsep serta mengembangkan kemampuan memecahkan masalah. Hasil interviu dengan siswa menunjukkan bahwa mereka akan memperoleh pemahaman materi kimia larutan lebih baik jika konsep tersebut dijelaskan pada level mikroskopik. Berdasarkan uraian tersebut dan beberapa hasil penelitian yang mendukung, maka diharapkan pembelajaran ulang dengan pendekatan mikroskopik dapat meningkatkan pemahaman siswa pada materi titrasi asam-basa.

## METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian deskriptif dan rancangan penelitian eksperimen semu. Rancangan penelitian deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan pemahaman makroskopik, simbolik dan mikroskopik siswa serta kesalahan pemahaman siswa pada soal-soal makroskopik, simbolik dan mikroskopik pada materi titrasi asam-basa, sedangkan rancangan penelitian eksperimen semu yaitu *non-equivalent control group design* digunakan untuk mengetahui keefektifan penggunaan pendekatan mi-

roskopik untuk meningkatkan pemahaman makroskopik, simbolik dan mikroskopik siswa. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI-IPA 2 (kelas eksperimen) dan XI-IPA 3 (kelas kontrol) SMA Negeri 2 Sumbawa Besar. Kelas eksperimen diberi pembelajaran ulang dengan pendekatan mikroskopik dan kelas kontrol diberi pembelajaran ulang tanpa pendekatan mikroskopik.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tes pemahaman makroskopik, simbolik dan mikroskopik. Tes pemahaman makroskopik berbentuk tes uraian berupa penyimpulan hasil pengamatan sifat larutan asam-basa yang ditunjukkan dengan perubahan warna indikator pada titrasi asam-basa. Pengamatan sifat larutan dilakukan sebelum titik ekuivalen, pada titik ekuivalen dan setelah titik ekuivalen. Tes simbolik berbentuk tes uraian berupa penulisan persamaan reaksi netralisasi dan menghitung pH larutan dari titrasi asam-basa sebelum titik ekuivalen, pada titik ekuivalen dan setelah titik ekuivalen. Tes mikroskopik berupa gambaran mikroskopik titrasi asam-basa berdasarkan konsep asam-basa Arrhenius dan Bronsted-Lowry sebelum titik ekuivalen, pada titik ekuivalen dan setelah titik ekuivalen dengan bentuk pilihan ganda dengan lima alternatif jawaban. Validitas isi diuji oleh tim ahli dan reliabilitas soal tes makroskopik dan mikroskopik dihitung menggunakan *Spearman-Brown* dan reliabilitas soal tes simbolik dihitung menggunakan *Alpha Cronbach's*.

Analisis deskriptif digunakan untuk memperoleh simpulan tentang tingkat pemahaman siswa dalam menyelesaikan soal-soal pada level makroskopik, mikroskopik dan simbolik serta kesalahan pemahaman yang terjadi pada level makroskopik, mikroskopik dan simbolik. Data tingkat pemahaman diperoleh dari hasil pretes sedangkan data kesalahan pemahaman diperoleh dari wawancara.

Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian terdiri dari uji prasyarat dan uji hipotesis. Uji prasyarat meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dilakukan dengan uji Kolmogorov-Smirnov dan uji homogenitas dilakukan dengan uji Levene. Uji hipotesis dilakukan dengan uji anacova.

## HASIL & PEMBAHASAN

### Tingkat Pemahaman Siswa

#### *Tingkat Pemahaman Makroskopik*

Rerata persentase tingkat pemahaman makroskopik siswa dalam menentukan sifat larutan berda-

sarkan perubahan warna indikator untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol pada keadaan sebelum titik ekuivalen sebesar 84,0% dan untuk kelas kontrol 75,3%, pada titik ekuivalen untuk kelas eksperimen sebesar 73,5% dan kelas kontrol sebesar 82,0% sedangkan pada keadaan setelah titik ekuivalen untuk kelas eksperimen sebesar 84,0% dan kelas kontrol sebesar 70,8%. Angka ini menunjukkan bahwa secara umum tingkat pemahaman makroskopik siswa baik untuk kelas eksperimen maupun kelas kontrol tergolong tinggi. Sebagian kecil siswa masih salah dalam menyimpulkan sifat larutan yang ditentukan dari perubahan warna indikator. Hal ini mungkin disebabkan karena siswa belum dapat memahami dengan benar hubungan antara warna indikator dengan sifat larutan.

#### ***Tingkat Pemahaman Simbolik (Persamaan Reaksi Netralisasi)***

Secara umum tingkat pemahaman simbolik siswa dalam menuliskan persamaan reaksi netralisasi baik kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum diberi perlakuan memiliki pola yang sama untuk keempat jenis titrasi yaitu, rerata persentase untuk kategori benar menuliskan zat yang terbentuk dan fase zat (BZBF) yaitu 54,4% lebih besar daripada rerata persentase benar menuliskan zat yang terbentuk (BZ) yaitu 12,3%. Hal ini mungkin disebabkan karena semua zat yang bereaksi dan yang terbentuk berfase *aqueous* (aq) kecuali air yang berfase *liquid* (l), sehingga siswa tidak mengalami kesulitan dalam menuliskan fase zat. Sedangkan rerata persentase untuk kategori benar menuliskan zat yang terbentuk dan fase zat dan reaksi netralisasi (BZBFBR) sangat rendah yaitu 3,6%. Hal ini menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menuliskan reaksi netralisasi titrasi asam-basa.

Pemahaman siswa tentang reaksi netralisasi menurut konsep asam-basa Arrhenius bukan persamaan reaksi ionisasinya melainkan pengertian asam dan basa menurut Arrhenius, hal ini menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menuliskan reaksi ionisasi dari HCl dan NaOH yang pada akhirnya  $H^+$  dan  $OH^-$  akan bereaksi membentuk molekul-molekul air. Sehingga terjadilah reaksi netralisasi.

#### ***Perhitungan pH Larutan***

Persentase tingkat pemahaman simbolik siswa dalam menentukan pH larutan pada keempat jenis titrasi asam-basa kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk kategori benar menentukan mol zat (BM) 42,9%, kategori benar menentukan mol dan konsen-

trasi zat (BMBK) 5,4% dan kategori benar menentukan mol, konsentrasi zat (BMBKBP) 22,7%. Rerata persentase untuk kategori BM lebih besar daripada rerata persentase untuk kategori BMBK. Hal ini menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menentukan konsentrasi zat yang bereaksi. Kemungkinan disebabkan karena siswa tidak memahami dengan benar bahwa konsentrasi merupakan mol dibagi volume total larutan, sehingga jika perhitungan konsentrasi tidak menggunakan volume larutan total, akan berimbas pada perolehan konsentrasi yang salah. Dalam hal ini lebih dari separuh siswa tidak mengalami kesulitan dalam menentukan mol zat yang bereaksi dan yang tersisa pada keadaan sebelum titik ekuivalen. Hal ini mungkin disebabkan karena siswa sudah mengetahui volume dari masing-masing zat yang bereaksi dengan tepat, sehingga mol yang diperoleh pun akan benar. Sedangkan rerata persentase kategori BMBKBP adalah 22,7%, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan simbolik siswa dalam menentukan pH larutan titrasi asam-basa masih tergolong sangat rendah. Hal ini disebabkan karena pemahaman siswa tentang konsep asam-basa, larutan penyangga dan hidrolisis garam belum baik dan benar, padahal untuk menentukan pH larutan untuk keempat jenis titrasi asam basa memerlukan pemahaman yang baik tentang konsep asam kuat basa kuat, asam lemah basa lemah, larutan penyangga serta hidrolisis garam.

#### ***Tingkat Pemahaman Mikroskopik***

Tingkat pemahaman mikroskopik untuk keempat jenis titrasi melibatkan gambaran mikroskopik berdasarkan konsep asam-basa Arrhenius dan konsep asam-basa Bronsted-Lowry. Rerata persentase kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk kemampuan mikroskopik sebelum diberi perlakuan pada keempat jenis titrasi berdasarkan konsep asam-basa Arrhenius sebesar 18,5% dan berdasarkan konsep asam-basa Bronsted-Lowry sebesar 22,9%. Secara umum dapat disimpulkan bahwa tingkat pemahaman mikroskopik siswa dalam menentukan gambaran mikroskopik sebelum titik ekuivalen masih rendah. Hal ini mungkin disebabkan karena siswa berpengetahuan bahwa garam dalam air tidak terurai, semisal NaCl dalam air tetap menjadi NaCl, tidak terurai menjadi ion  $Na^+$  dan ion  $Cl^-$ . Akibatnya dalam memilih gambaran mikroskopik, siswa memilih jawaban yang terdapat NaCl tidak terurai. Rerata persentase kemampuan mikroskopik berdasarkan konsep asam-basa Bronsted-Lowry lebih besar daripada rerata persentase kemampuan mikroskopik berdasarkan konsep asam-

basa Arrhenius, hal ini bukan disebabkan semata-mata karena siswa lebih memahami konsep asam-basa Bronsted-Lowry dibandingkan konsep asam-basa Arrhenius, namun disebabkan karena pilihan jawaban benar pada opsi jawaban gambaran mikroskopik berdasarkan konsep asam-basa Arrhenius, sama dengan opsi jawaban benar pada opsi jawaban gambaran mikroskopik berdasarkan konsep asam-basa Bronsted-Lowry hanya saja ion  $H^+$  diganti dengan ion  $H_3O^+$ , sehingga sebagian siswa memilih opsi jawaban tersebut.

Disamping itu rendahnya kemampuan siswa dalam menentukan gambaran mikroskopik mungkin disebabkan karena siswa tidak mampu melihat hubungan antara representasi simbolik dengan gambaran mikroskopik. Sehingga menurut siswa antara representasi simbolik dengan gambaran mikroskopik tidak saling berkaitan. Hal ini menunjukkan siswa kesulitan dalam mentransfer dan menghubungkan antara fenomena makroskopik, representasi simbolik dan dunia mikroskopik. Dalam hal ini kebanyakan siswa mengalami kesulitan untuk 'bergerak' diantara Tingkat-Tingkat representasi.

Faktor lain yang dapat menyebabkan rendahnya pemahaman mikroskopik siswa karena umumnya pembelajaran kimia yang hanya menekankan pada Tingkat makroskopik dan simbolik saja, Tingkat mikroskopik cenderung diabaikan. Akibatnya siswa membuat interpretasi sendiri tentang gambaran mikroskopik berdasarkan pemahaman makroskopik dan simbolik yang diperoleh. Hal ini didukung oleh pernyataan Mocerino (2002), yang menyatakan bahwa representasi mikroskopik yang ada pada siswa merupakan hasil dari interpretasi siswa dari informasi yang mereka terima.

### Kesalahpahaman Siswa

#### *Pada Tingkat Makroskopik*

Kesalahan yang dialami siswa dalam menentukan sifat larutan berdasarkan perubahan warna indikator adalah siswa belum memahami hubungan antara perubahan warna indikator dengan sifat larutan. Siswa menentukan sifat larutan bukan berdasarkan warna indikator tetapi berdasarkan jumlah mol masing-masing reaktan. Akibatnya sifat larutan pada titik ekuivalen adalah netral. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman pada Tingkat makroskopik pertama adalah pada titik ekuivalen sifat larutan selalu netral.

Kesalahan lain yang dialami siswa dalam menentukan sifat larutan adalah siswa menentukan sifat larutan sudah berdasarkan perubahan warna indikator tetapi tidak menghubungkan warna indikator dengan *range* pH yang dimiliki oleh indikator tersebut. sehingga ketika warna indikator tidak berubah siswa menganggap sifat larutan juga tidak berubah. Siswa tidak memahami bahwa indikator *fenolftalein* yang digunakan pada titrasi asam kuat dan basa kuat mempunyai *range* pH antara 8,2-10,0 (tak berwarna-merah muda), sehingga pada titik ekuivalen warna larutan tetap tak berwarna karena pH larutan masih kurang dari 8,2. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman pada tingkat makroskopik kedua adalah sifat larutan adalah tetap apabila warna indikator juga tetap atau tidak berubah.

#### *Pada Tingkat Simbolik*

Kesalahan yang dialami siswa dalam menuliskan persamaan reaksi netralisasi berdasarkan konsep asam-basa Arrhenius adalah siswa tidak memahami reaksi netralisasi. Siswa mengartikan reaksi netralisasi sebagai pengertian asam basa menurut Arrhenius. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman simbolik pertama adalah reaksi netralisasi menurut konsep asam-basa Arrhenius adalah pengertian asam-basa menurut konsep asam-basa Arrhenius. Kesalahan lain pada pemahaman simbolik siswa terjadi pada penentuan pH larutan pada titrasi asam kuat basa kuat setelah titik ekuivalen. Siswa mengalami kesulitan dalam menentukan rumus yang digunakan dalam menentukan pH larutan. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman simbolik kedua adalah penentuan pH larutan setelah titik ekuivalen pada titrasi asam kuat dan basa kuat menggunakan rumus asam lemah.

Kesalahan lainnya pada pemahaman simbolik siswa terjadi pada penentuan pH larutan pada titrasi asam lemah dan basa kuat setelah titik ekuivalen. Siswa belum memahami dengan benar tentang konsep larutan penyangga dan hidrolisis garam. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman simbolik ketiga adalah penentuan pH larutan pada titrasi asam lemah dan basa kuat pada titik ekuivalen menggunakan rumus larutan penyangga dan setelah titik ekuivalen menggunakan rumus hidrolisis. Kesalahan lain pada pemahaman simbolik siswa terjadi pada penentuan pH larutan pada titrasi asam lemah dan basa lemah sebelum titik ekuivalen. Siswa belum memahami dengan benar tentang konsep larutan penyangga. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman simbolik keempat adalah penentuan pH larutan pada titrasi asam

lemah dan basa lemah sebelum titik ekuivalen menggunakan rumus larutan penyangga.

#### ***Pada Tingkat Mikroskopik***

Kesalahan yang dialami siswa dalam memberikan gambaran mikroskopik disebabkan karena pemahaman siswa yang belum benar tentang derajat ionisasi asam kuat, basa kuat, asam lemah dan basa lemah, serta pemahaman siswa tentang ionisasi garam-garam yang terbentuk dari asam kuat basa kuat, asam lemah basa kuat, basa lemah asam kuat serta asam lemah dan basa lemah. Pemahaman ini akan berimbas terhadap gambaran mikroskopik garam-garam yang terbentuk apakah akan terionisasi sempurna, terionisasi sebagian atau tidak terionisasi. Kesalahan pada pemahaman mikroskopik siswa adalah bahwa siswa beranggapan bahwa garam dalam air tidak terionisasi. Siswa tidak memahami bahwa garam yang terbentuk dari asam kuat basa kuat akan terionisasi sempurna. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman mikroskopik pertama adalah siswa beranggapan bahwa garam yang terbentuk tidak terionisasi.

Kesalahan lain pada pemahaman mikroskopik siswa adalah bahwa siswa beranggapan bahwa garam dalam air tidak terionisasi. Siswa tidak memahami bahwa pada titrasi basa lemah dan asam kuat pada titik ekuivalen garam yang terbentuk akan mengalami hidrolisis, sehingga larutan sudah tidak netral lagi hidrolisis kation ( $M^+$ ) akan menghasilkan  $H^+$  akibatnya larutan akan bersifat asam. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman mikroskopik kedua adalah siswa beranggapan bahwa pada titik ekuivalen dalam larutan hanya ada garam sehingga larutan bersifat netral.

Kesalahan lain pada pemahaman mikroskopik siswa adalah bahwa siswa beranggapan bahwa asam lemah dan basa lemah terionisasi sempurna. Siswa belum memahami dengan benar bahwa asam lemah dan basa lemah tidak terionisasi sempurna. Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman mikroskopik ketiga adalah siswa beranggapan bahwa asam lemah dan basa lemah terionisasi sempurna. Kesalahan lain pada pemahaman mikroskopik siswa adalah bahwa siswa beranggapan bahwa larutan bersifat asam atau basa dilihat dari ada atau tidaknya kation atau anion dari garam yang terbentuk. Siswa beranggapan bahwa pembawa sifat basa dari MOH adalah ion  $M^+$ . Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman mikroskopik keempat adalah bahwa siswa beranggapan pembawa sifat basa dari MOH adalah kationnya yaitu  $M^+$ .

Kesalahan lain pada pemahaman mikroskopik siswa adalah bahwa siswa beranggapan bahwa larutan bersifat asam atau basa dilihat dari ada atau tidaknya kation atau anion dari garam yang terbentuk. Siswa telah memahami bahwa berdasarkan konsep asam-basa Bronsted-Lowry dihasilkan  $H_3O^+$ , tetapi mereka tidak memahami bagaimana terbentuknya  $H_3O^+$ . Sehingga diperoleh kesalahan pemahaman mikroskopik kelima adalah siswa beranggapan  $H_3O^+$  terbentuk dari  $H_2O$  yang bereaksi dengan  $H^+$ .

#### **Keefektifan Pendekatan Mikroskopik Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa**

Berdasarkan hasil analisis kovarian (Anakova) dengan bantuan program *SPSS 16.0 for windows*, terlihat bahwa nilai probabilitas *Sig* ( $0,000$ )  $< 0,05$  sehingga dapat diputuskan bahwa  $H_0$  ditolak, berarti ada pengaruh yang positif dan signifikan antara pemberian pembelajaran ulang dengan pendekatan mikroskopik terhadap tingkat pemahaman makroskopik, simbolik dan mikroskopik siswa.

Hal di atas memperlihatkan bahwa pemberian pembelajaran ulang dengan pendekatan mikroskopik mampu meningkatkan pemahaman konseptual siswa, hal ini dimungkinkan karena: (1) adanya penjelasan pada tingkat mikroskopik dapat membantu siswa dalam menjelaskan pengamatan eksperimental yang telah dilakukan (Devetak, *et al.*, 2007); (2) dapat membantu siswa dalam menghubungkan gambaran mikroskopik dengan aplikasinya dalam memecahkan masalah matematik, dalam hal ini penulisan persamaan reaksi netralisasi dan penentuan pH larutan pada titrasi asam-basa; (3) dapat meningkatkan ingatan siswa, karena dengan adanya penjelasan pada Tingkat mikroskopik pengetahuan yang diperoleh siswa menjadi utuh pada tiga Tingkat representasi (Devetak, *et al.*, 2004).

#### **Temuan Penelitian Terpenting**

Selain ditemukan kesalahan pemahaman pada Tingkat makroskopik, simbolik dan mikroskopik, juga ditemukan kesalahan pemahaman konseptual pada materi titrasi asam-basa. Pemahaman konseptual adalah pemahaman tentang teori-teori, fakta-fakta, aturan-aturan, deskripsi dan peristilahan kimia. Siswa berpengetahuan garam belum bisa terbentuk ketika mol HCl dan mol NaOH tidak seimbang. Garam baru

terbentuk ketika mol HCl dan mol NaOH seimbang yaitu pada titik ekuivalen. Siswa berpemahaman bahwa HCl dan NaOH tidak dapat bereaksi bila jumlah molnya belum seimbang. Hal ini menunjukkan bahwa siswa tidak memahami konsep ikatan kimia, ionisasi dan kesetimbangan kimia. Hal ini didukung oleh pernyataan Sheppard (2006) yang menyatakan bahwa topik asam-basa merupakan materi yang padat secara konseptual dan membutuhkan pemahaman yang diintegrasikan pada banyak konsep ikatan kimia seperti karakteristik partikel dalam materi, sifat dan komposisi larutan, struktur atom, ikatan ionik dan kovalen, simbol, formula dan persamaan reaksi, ionisasi serta kesetimbangan.

Terjadinya kesalahan pemahaman konseptual tersebut juga disebabkan karena konsep-konsep yang mendasari materi asam-basa belum dipahami siswa dengan baik dan benar. Akibatnya siswa cenderung mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep selanjutnya. Hal ini sejalan dengan salah satu karakteristik ilmu kimia yang diungkapkan oleh Kean dan Middlecamp (1985) yaitu konsep kimia bersifat berurutan dan berjenjang. Sehingga siswa mengalami kesulitan, yang dapat mengakibatkan terjadinya kesalahan pemahaman dalam mengaitkan pengetahuan yang telah ada sebelumnya dengan pengetahuan yang baru dipelajari.

Kesalahan pemahaman konseptual ini mungkin juga disebabkan karena penjelasan pada tingkat mikroskopik yang cenderung diabaikan. Hal ini mengakibatkan siswa membuat interpretasi sendiri tentang gambaran mikroskopik berdasarkan pemahaman makroskopik dan simbolik yang diperoleh. Mocerino (2002), juga menyatakan bahwa representasi mikroskopik yang ada pada siswa merupakan hasil dari interpretasi siswa dari informasi yang mereka terima. Konsekuensinya siswa mungkin akan mengalami kesalahan pemahaman atau kesalahan konsep. Hal ini didukung oleh pernyataan Tasker dan Dalton (2006) yang menyatakan bahwa banyaknya kesalahan konsep yang terjadi dalam kimia berasal dari ketidakmampuan siswa untuk memvisualisasikan struktur dan proses pada tingkat mikroskopik.

## SIMPULAN & SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut. (1) Tingkat pemahaman makroskopik

siswa adalah tinggi, sedangkan tingkat pemahaman simbolik dan mikroskopik siswa adalah sangat rendah. (2) Kesalahan pemahaman makroskopik yang teridentifikasi adalah siswa tidak memahami bahwa warna yang ditunjukkan oleh indikator berhubungan dengan sifat larutan. Kesalahan pemahaman simbolik yang teridentifikasi adalah: (i) siswa tidak dapat menulis reaksi ionisasi; dan (ii) siswa tidak dapat memilih rumus yang digunakan untuk menghitung pH larutan. Kesalahan pemahaman mikroskopik yang teridentifikasi adalah siswa tidak dapat memberikan gambaran mikroskopik dari larutan asam kuat, basa kuat, asam lemah, basa lemah, dan larutan garam karena mereka tidak memahami ionisasi yang terjadi. (3) Pendekatan mikroskopik menghasilkan peningkatan kemampuan siswa dalam menyelesaikan soal-soal makroskopik, simbolik dan mikroskopik lebih tinggi dibandingkan pendekatan konvensional. (4) Temuan terpenting dalam penelitian ini adalah siswa beranggapan bahwa garam baru dapat terbentuk jika jumlah mol asam dan mol basa yang bereaksi sama.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diajukan beberapa saran yaitu: (1) dalam membelajarkan dan mengevaluasi materi titrasi asam-basa sebaiknya guru melibatkan tiga level representasi makroskopik, mikroskopik dan simbolik sehingga siswa mendapatkan pemahaman konseptual yang utuh; (2) perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang bagaimana korelasi antara pemahaman makroskopik, mikroskopik dan simbolik baik pada materi titrasi asam-basa maupun materi kimia yang lainnya.

### DAFTAR RUJUKAN

- Barke, H.D, Hazari, A & Yitbarek, S. 2009. *Students Misconception and How To Overcome. In Misconceptions In Chemistry*. New York: Springer.
- Bowen, C.W., & Bunce, D.M. 1997. Testing for Conceptual Understanding in General Chemistry. *The Chemical Educator*, Volume 2 Issue 2.
- Calik, M & Ayas, A. 2005. A Comparison of Level Understanding of Eight-Grade Students and Science Teachers Related to Selected Chemistry Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 42(6), 638-667.
- Chandrasegaran, A.L, Treagust, D.F & Mocerino, M. 2007. The development of A Two-Tier Multiple-choice Diagnostic Instrument For Evaluating Secondary

- School Students' Ability To Describe And Explain Reactions Using Multiple Levels of representation. *Chemistry education Research and Practice*, Vol. 8(3), 293-307.
- Chittleborough, G.D., Treagust, D.F & Mocerino, M. 2002. *Constraints to the development of First Year University Chemistry Students' Mental Model of Chemical Phenomena*. Teaching and Learning Forum 2002: Focusing on the Students.
- Davidowitz, B., & Chittleborough, G.D. 2009. Linking The Macroscopic and Sub-microscopic Levels: Diagrams. In J. K. Gilbert and D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representation of Chemical Education*. New York: Springer.
- Devetak, I, Urbancic, M., Wisiak-Grm, K.S., Krnel, D., & Glazar, S. A. 2004. Submicroscopic As A Tool For evaluating Students' Chemical Conceptions. *Acta Chimica Slovenica*, Vol. 51, 799-814.
- Devetak, I., Vogrinc, J., & Glazar, S.A. 2007. Assessing 16-Year-Old Students' Understanding of Aqueous Solution at Submicroscopic Level. *Research In Science Education*, Vol 39, 157-179.
- Gabel, D.L. 1993. Use of the Particle Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. *Journal of Chemical Education*, Vol 70(3), 193-194.
- Hinton, M.E., & Nakhleh, M.B. 1999. Students' Microscopic, Macroscopic and Symbolic Representations of Chemical Reaction. *The Chemical Educator*, Vol 4(5):158-167.
- Kean, E. & Middlecamp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Jakarta: Gramedia.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *The Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2-20.
- Slaubaugh, W.H. & Parsons, T.D. 1972. *General Chemistry 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- Sheppard, K. 2006. High School Students' Understanding of Titrations and Related Acid-Base Phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, Vol 7(1). 32-45.
- Smith, K.J., & Metz, P.A. 1996. Evaluating Students Understanding of Solution Chemistry Through Microscopic Representation. *Journal of Chemical Education*, Vol 73(3): 233-235.
- Suyanti. 2010. *Strategi Pembelajaran Kimia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tasker, R & Dalton, R. 2006. Research Into Practice: Visualization Of The Molecular World Using Animations. *Chemistry education Research and Practice*, 7(2), 141-159.