

## Deskripsi Model Mental Siswa pada Konsep Asam Basa di Kelas XII SMAN 3 Gorontalo

Nurhayana, Astin Lukum, Opir Rumape

Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Gorontalo

e-mail: [nurhayana.chemistry12@gmail.com](mailto:nurhayana.chemistry12@gmail.com)

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan model mental siswa SMA pada materi larutan asam basa dengan indikator materi keasaman atau kebasaaan larutan dan netralisasi dan mengidentifikasi penyebab terjadinya model mental siswa. Penelitian dilakukan di SMAN 3 Gorontalo dengan sumber data siswa kelas XII IPA dan guru kimia. Pengumpulan data menggunakan instrumen tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat, wawancara, observasi dan studi dokumentasi. Teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kualitatif. Kesimpulan hasil penelitian ini sebagai berikut: (1) model mental siswa terbanyak pada indikator keasaman dan kebasaaan larutan yaitu *character symbol model* (51,99%), sedangkan pada indikator netralisasi model mental yang terbanyak yaitu *no model* (48,21%); (2) penyebab terjadinya model mental siswa di dominasi oleh buku yaitu 26,03% pada indikator keasaman dan kebasaaan larutan serta 33,54% pada indikator netralisasi. Model mental siswa tidak dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekolah.

**Kata Kunci :** Model Mental, Konsep Asam Basa

### PENDAHULUAN

Model mental merupakan istilah ditemukan dalam kajian psikologi kognitif. Di dalam ilmu psikologi, model mental adalah sebuah representasi dari beberapa keadaan yang mendukung adanya sebuah pemahaman (*understanding*), alasan (*reasoning*), dan prediksi (*prediction*) (Gentner, 2002). Karena adanya proses memahami, belajar, mengingat dan berpikir tentang suatu informasi, model mental tidak hanya digunakan di dalam ilmu psikologi saja. Istilah model mental juga digunakan dalam beberapa kajian ilmu lain, misalnya pada ilmu sains yaitu ilmu kimia (Rahayu, 2013).

Penelitian di Indonesia dalam bidang sains kognitif saat ini relatif jarang dilakukan. Hasil penelitian literatur yang dilakukan oleh Jusman (2011) menunjukkan bahwa penelitian dalam bidang tersebut dominan pada miskonsepsi tetapi tidak dikaji tentang mekanismenya. Kajian mekanisme di dalam miskonsepsi inilah yang kemudian menjadi titik utama di dalam mengidentifikasi gambaran model mental siswa di dalam menjelaskan suatu pemahaman mereka.

Beberapa para ahli mengemukakan kategori model mental dalam kimia. Cool & Treagust (2003) mengelompokkan model mental ke dalam model mental target, model mental konsensus, dan model mental alternatif, Adbo & Taber (2009) mengelompokkan ke dalam model pembelajaran, model ilmiah dan model alternatif. Lin & Chiu (2009) mengelompokkan model mental ke dalam model ilmiah, model fenomena, model karakter simbol dan model inferensi. Jansoon, *et al.* (2009) mengelompokkan model mental ke dalam model makroskopik, sub-mikroskopik dan simbolik.

Penelitian ini menggunakan kategori menurut Lin & Chiu dengan pertimbangan kesesuaian dan kemiripan karakteristik model mental dengan konsep yang ada di Indonesia. Model mental siswa dapat terbentuk karena beberapa faktor penyebab. Secara umum, faktor-faktor yang dapat mempengaruhi model mental peserta didik adalah: (1) pengajaran di sekolah; (2) pengajaran di luar sekolah; (3) Pengalaman sehari-hari; (4) lingkungan sosial dan (5) Hubungan sebab-akibat dan Intuisi (Driver, 1981; Stepans, 1991; Herron, 1996).

Dalam ilmu pendidikan, model mental dianggap mewakili ide-ide dalam pikiran seseorang yang digunakan untuk menggambarkan dan menjelaskan fenomena (Jansoon, Cool, and Somsook, 2009). Siswa membuat model mental mereka ketika mereka belajar dan mencoba untuk memahami pengetahuan ilmiah selama adanya proses pembelajaran yang dilakukan (Chittleborough, 2004). Menurut Harrison dan Treagust (2000) semua representasi (penyajian) dari konsep-konsep dalam kimia pada kenyataannya diekspresikan dan membentuk model mental siswa. Model mental memiliki peran yang utama dalam pengembangan konseptual dan penalaran dalam domain sains. Pengembangan model mental membantu siswa dalam menghubungkan sebuah proses kognitif yang memerlukan internalisasi konsep.

Untuk mendapatkan atau menggali model mental siswa, para ahli menggunakan beberapa cara yang efektif, diantaranya adalah tes diagnostik pilihan ganda *two-tier*, pertanyaan *open-ended*, wawancara, teknik *predict-observe-explain* (POE) (Wang, 2007) dan teknik *interview-about-events* (IAIE) (Coll & Treagust, 2003).

Pentingnya model mental diteliti dalam ilmu kimia terutama pada konsep-konsep yang dianggap abstrak dan sulit dipahami oleh siswa. Salah satu konsep yang penting dalam pembelajaran kimia adalah konsep asam dan basa. Studi tentang identifikasi pemahaman dan kesalahpahaman menjadi tujuan yang banyak dilakukan, misalnya analisis kesalahpahaman materi kimia konsep asam-basa yang dilakukan oleh Muchtar dan Harizal (2012) yang menemukan bahwa materi asam basa penuh dengan konsep yang membutuhkan pemahaman secara menyeluruh dari materi pengantarnya. Dalam penelitian ini, konsep asam basa yang akan diteliti terbatas pada dua indikator yaitu keasaman dan kebasaaan larutan dan netralisasi.

Oleh karena itu, model mental menarik diteliti karena model mental setiap individu berbeda-beda (Coll dan Treagust, 2003). Model mental bersifat tidak stabil, tidak akurat, tidak konsisten dan selalu berubah ketika lebih banyak

informasi yang diperoleh atau diingat kembali (McClary dan Talanquer, 2011). Selain itu, ada dua alasan mengapa model mental menjadi menarik, yaitu model mental mempengaruhi fungsi kognitif dan model mental dapat memberikan informasi yang berharga untuk para peneliti pendidikan sains tentang susunan konsep yang dimiliki peserta didik (Laliyo, 2011).

Berdasarkan uraian tersebut, maka yang dimaksud dengan model mental siswa adalah pemahaman siswa tentang suatu konsep berdasarkan proses pembelajaran. Model mental dapat diidentifikasi menggunakan beberapa cara diantaranya adalah tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat yang dapat diperkuat dengan wawancara. Konsep asam basa yang akan diteliti yaitu netralisasi dan keasamaan kebasaaan larutan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk (1) mendeskripsikan model mental siswa pada konsep asam basa di kelas XII IPA SMAN 3 Gorontalo; dan (2) mengidentifikasi sumber yang dapat mempengaruhi model mental siswa.

#### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan sumber data adalah siswa kelas XII IPA SMAN 3 Gorontalo yang berjumlah 84 orang dan guru kimia. Adapun fokus materi penelitian yang akan diujikan hanya pada dua indikator, yakni keasamaan dan kebasaaan larutan dan netralisasi.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat, wawancara, observasi dan dokumentasi. Tes pilihan ganda dua tingkat digunakan untuk menggali model mental siswa dan penyebab terbentuknya berdasarkan jawaban dan alasan siswa. Wawancara dilakukan pada beberapa orang siswa berdasarkan model mentalnya dan guru kimia di sekolah. Wawancara pada siswa bertujuan agar kredibilitas jawaban siswa dapat dipertajam. Sedangkan wawancara pada guru kimia bertujuan untuk mendukung penyebab terbentuknya model mental siswa dari sisi proses belajar-mengajar. Observasi dilakukan untuk memperoleh data adanya hal-hal yang mempengaruhi model mental siswa di lingkungan sekolah mereka.

Sedangkan dokumentasi digunakan untuk data nilai ujian kimia pada konsep asam basa dan dokumentasi pada saat penelitian yakni berupa gambar.

Analisis data yang digunakan yaitu analisis data deskriptif kualitatif. Analisis model mental siswa didasarkan pada kemiripan jawaban dengan karakteristik model mental menurut Lin and Chiu (2007) yaitu *No Model*, *Scientific Model*, *Phenomenon Model*, *Character-symbol Model* dan *Inference Model*. Menurut Lukum, A (2013) penarikan kesimpulan sebagai salah satu alur kegiatan analisis data dilakukan sejak awal pelaksanaan penelitian. Data hasil observasi, wawancara dan dokumentasi digunakan untuk mendukung pengelompokkan model mental siswa dilihat dari segi proses pembelajaran, fasilitas yang ada dan lingkungan belajar sekolah. Pengecekan keabsahan data dilakukan dengan cara triangulasi teknik. Dalam penelitian ini setelah observasi, hasil tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat dari siswa kelas XII SMAN 3 Gorontalo dicek kembali dengan wawancara dan dokumentasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Model mental siswa pada konsep asam basa

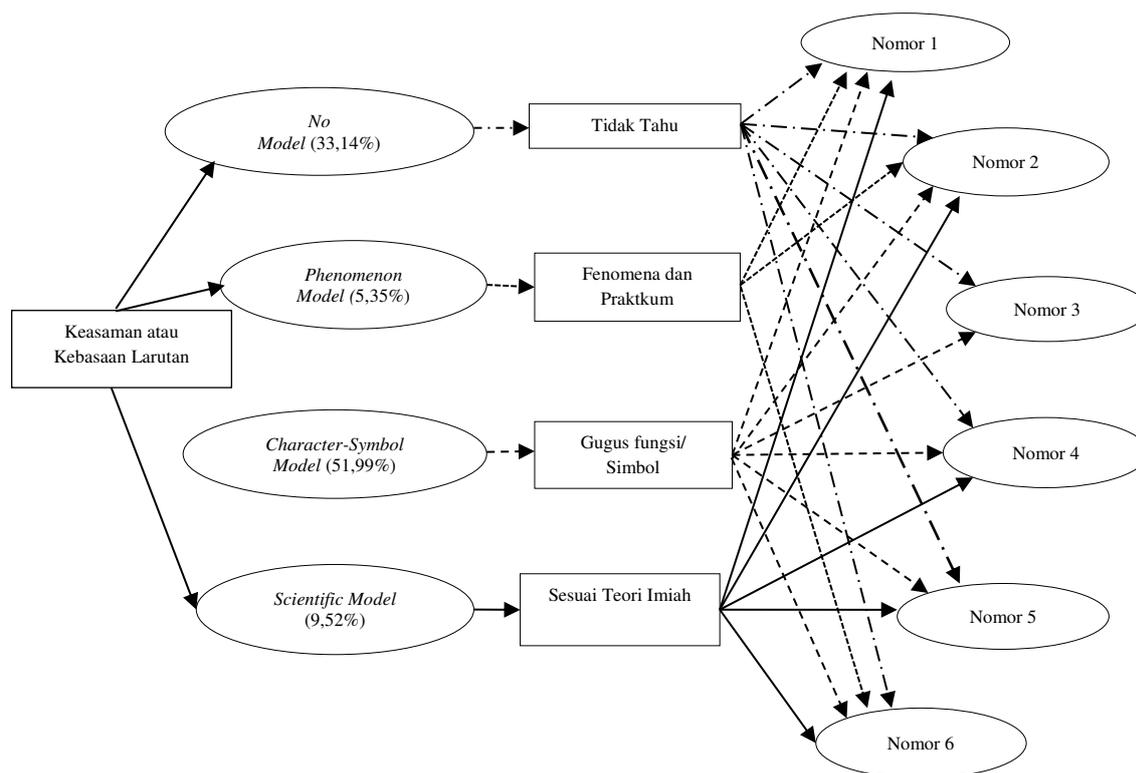
Perolehan model mental siswa disajikan berdasarkan hasil tes diagnostik dua tingkat yang berjumlah 6 nomor setiap indikator. Indikator penelitian model mental ini difokuskan pada dua indikator pada konsep asam basa yaitu 1) keasamaan kebasahan larutan dan 2) netralisasi. Adapun model mental yang akan diteliti pada konsep asam basa terdiri dari 5 model yaitu *No Model*, *Phenomenon model*, *Character-Symbol Model*, *Inference Model* dan *Scientific Model*. Data perolehan model mental siswa kelas XII SMAN 3 Gorontalo pada konsep asam basa disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Model Mental Siswa pada Konsep Asam Basa

Kriteria Model Mental	Persentase Perolehan Jawaban Siswa Pada Indikator	
	Keasamaan dan Kebasahan Larutan (%)	Netralisasi (%)
<i>No Model</i>	33,14	48,21
<i>Phenomenon Model</i>	5,35	1,18
<i>Character-Symbol Model</i>	51,99	25,21
<i>Scientific Model</i>	9,52	-
<i>Inference Model</i>	-	25,40

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa pada dua indikator konsep asam basa yang diujikan terdapat model mental yang beragam. Selanjutnya, berikut ini disajikan gambar model mental siswa kelas XII SMAN 3 Gorontalo beserta kriteria jawaban pada indikator keasamaan dan kebasahan larutan seperti pada Gambar 1.

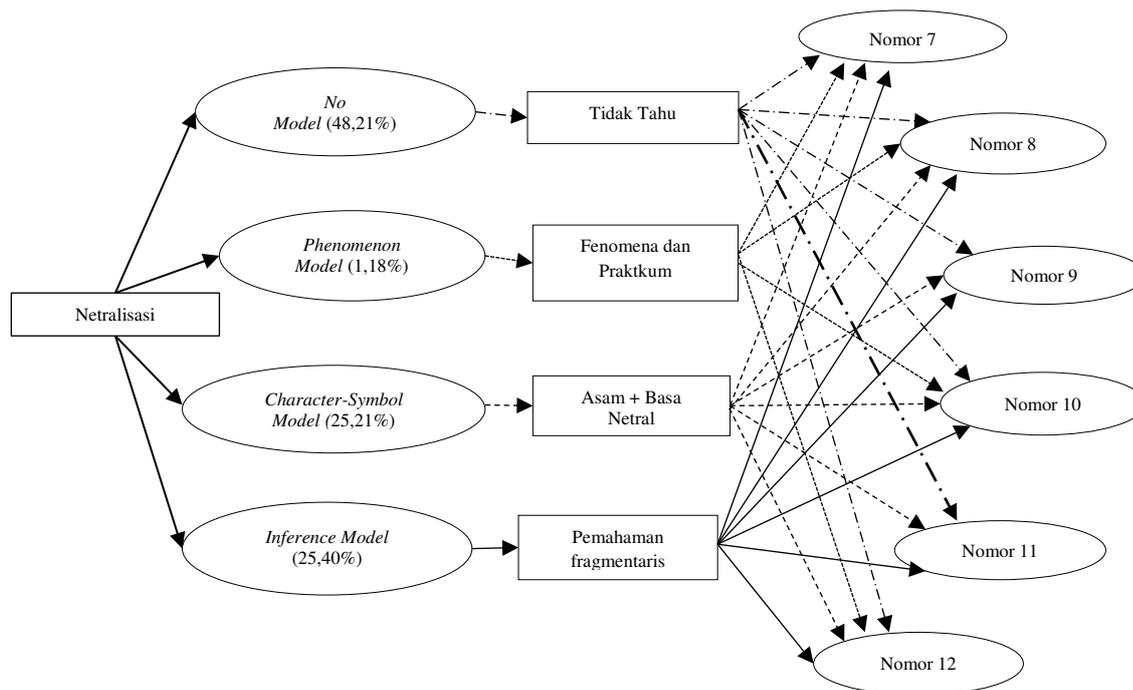
Perolehan model mental siswa berdasarkan Gambar 1 dalam penelitian ini menemukan bahwa siswa cenderung memiliki model mental *character-symbol model* dengan persentase 51,99%. selanjutnya, diikuti dengan *no model*, *saintific model* dan *phenomenon model*. larutan, *Character-Symbol Model* adalah model yang paling banyak dimiliki oleh siswa. Hal ini karena soal disajikan secara simbolik dan siswa hanya memperhatikan simbol saja dalam menjawab soal sehingga banyak menimbulkan kesalahpahaman. Siswa dengan *Character-Symbol Model* pada indikator keasamaan dan kebasahan larutan dapat dikelompokkan jika alasan memilih opsi jawaban sesuai dengan karakteristik menurut Lin & Chiu (2009). Namun, hal ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lin & Chiu (2007) dimana hasil penelitian mereka menemukan model mental yang paling banyak pada siswa pada indikator keasamaan dan kebasahan larutan adalah *no model* dan *saintific model*.



Gambar 1. Model Mental Sisiwa pada Indikator Keasaman dan Kebasaan Larutan

Pada indikator keasaman dan kebasaaan larutan, terdapat soal tentang sub-mikroskopik yang diujikan. Berdasarkan jawaban siswa dan hasil wawancara, ditemukan bahwa siswa kelas XII SMAN 3 Gorontalo tidak memahami kimia pada level sub-mikroskopik. Hal ini sependapat dengan pernyataan dari Atkins (dalam Islahiah, 2012) yang menyatakan bahwa ketidakmampuan siswa dalam memahami konsep dasar kimia berkaitan dengan konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak terutama pada level sub-mikroskopik yang sebenarnya bersifat nyata namun sulit teramati. Selanjutnya, berdasarkan Tabel 1, penelitian ini menemukan bahwa model mental siswa terbanyak pada indikator netralisasi adalah *no model* dengan persentase 48,2%, diikuti dengan *inference model*, *character-symbol model*, dan *phenomenon model*.

Berikut ini disajikan gambar model mental siswa pada indikator netralisasi seperti pada Gambar 2. Siswa yang tidak memiliki model mental (*no model*) tidak memiliki pengetahuan apapun tentang konsep netralisasi (Lin dan Chiu, 2009). Mereka tidak mengingat sedikitpun tentang materi yang diajarkan. Dari enam soal tentang keasaman dan kebasaaan larutan, semuanya terdapat siswa yang tidak memiliki pengetahuan tentang konsep yang ditanyakan. Siswa kelas XII SMAN 3 Gorontalo banyak yang tidak memiliki pengetahuan tentang konsep garam jika terionisasi. Jika siswa menjawab benar pada suatu item soal, dilakukan dengan cara menebak jawaban. Hal ini sesuai dengan beberapa penelitian yang menyatakan bahwa sebagian besar siswa mampu menjawab soal kimia dengan benar tanpa mengetahui atau menggunakan konsepnya (Islahiah 2012).



Gambar 2. Model Mental Sisiwa pada Indikator Netralisasi

Berdasarkan wawancara peneliti dengan guru kimia di sekolah SMAN 3 Gorontalo yang mengajarkan indikator netralisasi bahwa sebelum masuk dalam materi netralisasi siswa melakukan percobaan dahulu di laboratorium. Sehingga pada indikator netralisasi ditemukan adanya model fenomena. Sedangkan model mental *Phenomenon Model* menurut Lin dan Chiu (2009) tidak terdapat pada topik netralisasi. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kesulitan siswa dalam mengkoneksikan ketiga level fenomena kimia.

Tabel 2. Penyebab Terbentuknya Model Mental Siswa Pada Konsep Asam Basa

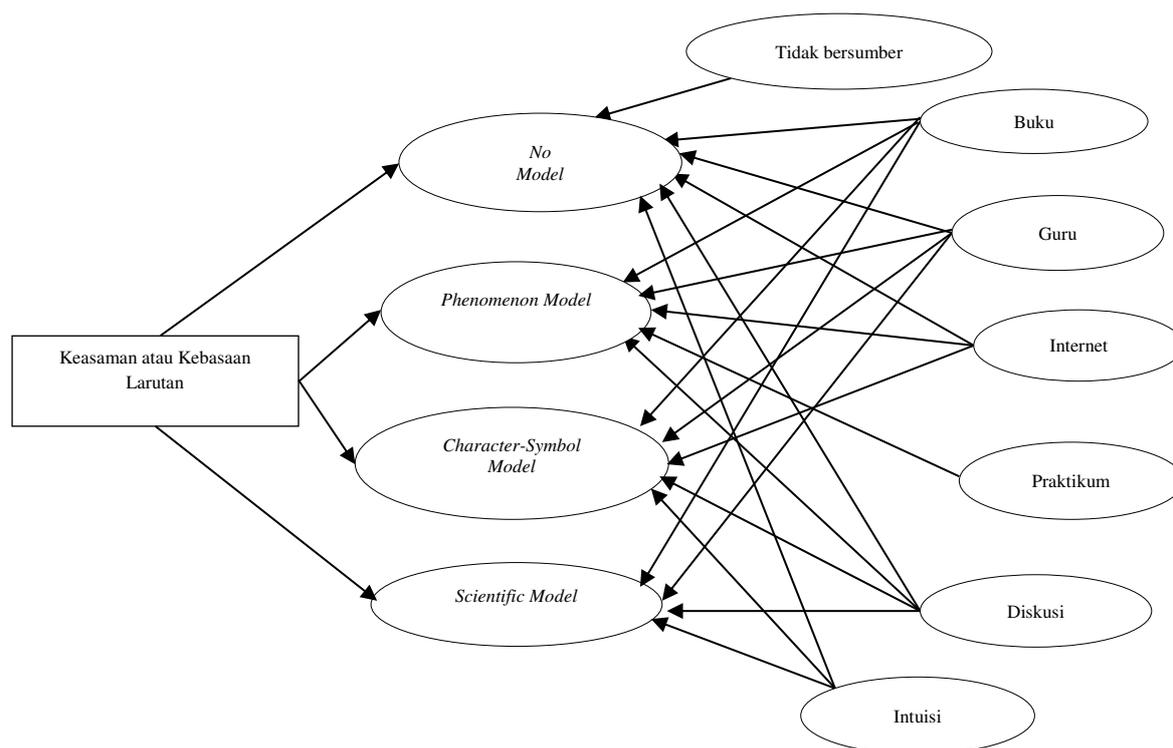
Penyebab	Persentase Penyebab Model Mental Siswa Pada Konsep	
	Keasaman dan Kebasaan Larutan (%)	Netralisasi (%)
Buku	26,03	33,53
Guru	18,99	14,32
Internet	2,17	1,12
Praktikum	3,98	1,31
Diskusi	8,16	8,69
Intuisi	17,89	18,71
Tidak Ada	22,78	22,32

Setelah ditemukan gambaran model mental siswa kelas XII SMAN 3 Gorontalo, selanjutnya dalam penelitian ini dilakukan identifikasi penyebab terbentuknya model mental siswa.

Berdasarkan Tabel 2, ditemukan bahwa ternyata siswa belajar konsep asam basa larutan memiliki sumber yang beragam.

Berdasarkan Gambar 3, ditemukan bahwa ternyata siswa belajar konsep asam basa pada indikator keasaman dan kebasaan larutan tidak memiliki sumber yang jelas atau menebak dalam menjawab soal tanpa mengetahui penyebab dan alasan menjawab. Pengetahuan siswa yang tidak jelas memiliki sumber yaitu sebanyak 22,78% dan sumber yang jelas serta terbanyak berasal dari buku yakni sebanyak 26,03%. Sedangkan sumber yang paling sedikit dijadikan bahan referensi berasal dari internet dengan persentase hanya 2,17%. Selanjutnya, penyebab terbentuknya model mental siswa pada konsep asam basa indikator netralisasi dapat disajikan seperti pada Gambar 4.

Penelitian ini menemukan bahwa pada indikator netralisasi sumber siswa dalam membentuk model mentalnya bermacam-macam. Sumber yang mempengaruhi terbentuknya model mental siswa kelas XII SMAN 3 Gorontalo didominasi berasal dari intuisi dan buku dengan persentase berturut-turut 33,53% buku dan 18,71% intuisi.



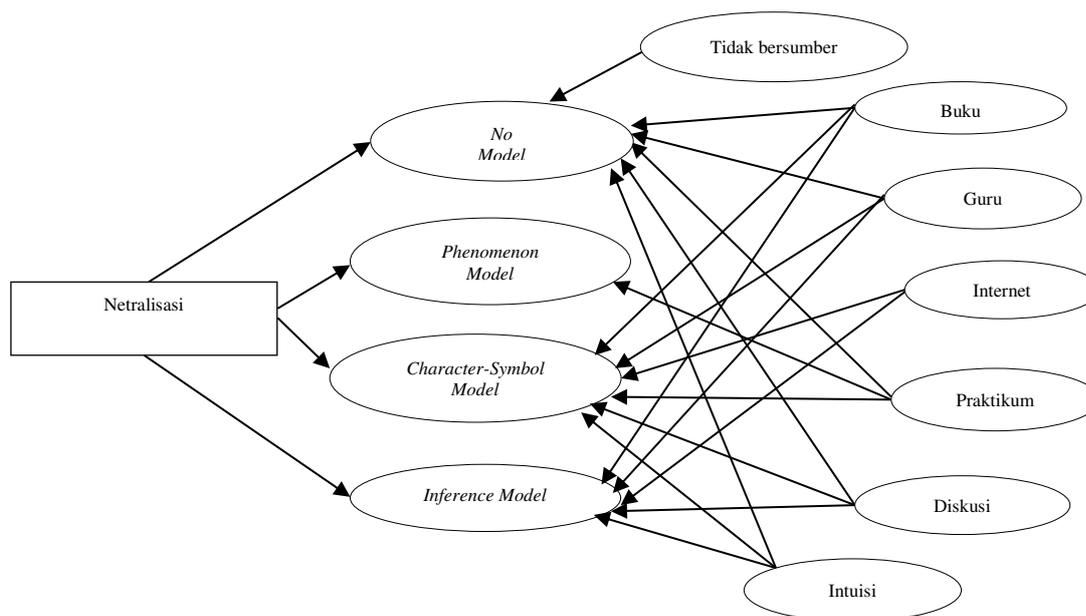
Gambar 3. Penyebab Terbentuknya Model Mental Siswa pada Indikator Keasaman Kebasaan Larutan

Buku merupakan salah satu sumber yang mendominasi terbentuknya model mental siswa karena sumber pengetahuan utama siswa adalah buku. Pada indikator keasaman dan kebasaaan larutan, di kelas XII SMAN 3 Gorontalo buku mendukung terbentuknya model mental siswa pada. Buku mempunyai pengaruh yang terbesar pada pembentukan *character-symbol model*. Menurut peneliti, hal ini disebabkan karena adanya senyawa asam dan basa di buku SMA yang digunakan disajikan secara simbolik. Sedangkan pada indikator netralisasi, buku mempengaruhi model mental siswa pada *no model*, *character-symbol model* dan *inference model*. Contoh kutipan pada buku yang dapat membentuk *inference model* pada siswa yaitu senyawa asam dan basa yang direaksikan akan menghasilkan asam dan garam yang sifat garamnya ditentukan oleh kekuatan pereaksi. Penggunaan buku pelajaran sebagai sumber belajar juga mempengaruhi kesalahpahaman siswa dalam memahami konsep dimana hal ini sesuai dengan pendapat ahli yang mengatakan bahwa penggunaan buku dapat membuat siswa belajar sekedar saja tetapi

mereka tidak mengetahui konsep secara benar (Renner & Marek, 1988; Stepans, 1991). Hal ini karena buku hanya menyajikan konsep pada representase simbolik dan mikroskopik.

Penyebab model mental siswa lainnya adalah instruksi guru di sekolah. Guru berperan penting dalam menanamkan pemahaman konsep siswa yang mempengaruhi terbentuknya model mental siswa. Salah satu penyebab mata pelajaran kimia dianggap tidak mudah dipahami sehingga cenderung difaham bisa diakibatkan oleh faktor guru (Chittleborough, 2004). Oleh karena itu, guru perlu memahami model mental siswa untuk dapat merancang suatu strategi pembelajaran yang tepat agar pembelajaran menjadi lebih efektif dan menghindari terjadinya miskonsepsi (Coll, 2008).

Pembentukan model mental selanjutnya penyebabnya yaitu diskusi. Siswa kelas XII SMAN 3 Gorontalo sering melakukan diskusi kelompok dalam pembelajaran konsep asam basa pada kelas XI. Oleh karena itu, diskusi ini mempengaruhi terbentuknya semua model mental kecuali *phenomenon model*.



Gambar 4. Penyebab Terbentuknya Model Mental Siswa pada Indikator

Pengembangan model mental juga dipengaruhi oleh pengetahuan awal siswa dan penguasaan konsep siswa (Wang, 2007). Pada penelitian ini, jawaban siswa banyak mengandalkan intuisi dalam menjawab soal karena konsep asam basa yang diajarkan hanya sebatas ingatan sementara dan mereka lupa sumber mereka mendapatkan pengetahuan tersebut. Mereka menjawab soal lebih mengedepankan ingatan dan pendapat mereka sendiri dalam memilih jawaban yang dapat membentuk model mental mereka sendiri. Hal ini mencerminkan bahwa proses pembelajaran dan pengajaran dalam membelajarkan mata pelajaran kimia di sekolah kurang maksimal.

Penyebab lainnya yang mempengaruhi adalah kegiatan praktik laboratorium, lingkungan sekolah dan juga internet. Praktikum dilaboratorium pada konsep asam basa di SMAN 3 Gorontalo menyebabkan siswa memiliki *phenomenon model*. Sedangkan sumber dari internet pada konsep asam basa ini, kurang berpengaruh karena sangat jarang pembelajaran menggunakan referensi internet. Sedangkan dalam penelitian ini, berdasarkan hasil observasi tidak ditemukan adanya penyebab model mental siswa dari lingkungan sekolah.

## PENUTUP

Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu (1) model mental siswa terbanyak pada konsep asam basa indikator keasaman dan kebasaaan larutan yaitu *character symbol model* (51,99%), diikuti dengan *no model* (33,14%), *scientific model* (9,52%) dan *phenomenon model* (5,35%); sedangkan pada indikator netralisasi model mental yang terbanyak yaitu *no model* (48,21%), diikuti oleh *character-symbol model* (25,40%), *inference model* (25,21%) dan *phenomenon model* (1,18%); (2) penyebab terjadinya model mental siswa di dominasi oleh buku (26,03%) pada indikator keasaman dan kebasaaan larutan serta (33,54%) pada indikator netralisasi dan penyebab model mental siswa tidak dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekolah.

Saran dalam penelitian ini bagi guru atau dosen yaitu merancang kegiatan belajar mengajar yang memuat ketiga representase Untuk siswa, disarankan agar memperbanyak sumber belajar ilmiah. Selain itu, perlu adanya penelitian lanjutan apakah model mental siswa dapat berubah dengan adanya sebuah perlakuan dalam pembelajaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adbo, K., and Taber, K.S. 2009. Learner's Mental Models of The Particle Nature of Matter : A Study of 16-year-old Swedish Science Students. *International Journal of Science Education*, 31 (6), 757-786.
- Chittleborough, G.D. 2004. The Role of Teaching Models and Chemical Representations in Developing Student's Mental Models of Chemical Phenomena. *Disertasi Doktor pada Curtin University of Technology*. Australia.
- Coll, R.K., 2008. Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5, (1), p. 22 – 47.
- Gentner, D. 2002. Psychology of. In N.J. Smelser & P. B. Dates (Eds.). *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Science* (pp. 9683-9687). Amsterdam: Elsevier Science.
- Harizal., Muchtar. Z. 2012. Analyzing of Students' Misconceptions on Acid-Base Chemistry at Senior High Schools in Medan. *Journal of Education and Practice*. ISSN 2222-1735 (Paper) ISSN 2222-288X (Online) Volume 3, Nomor 15, 2012.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. 2000. Learning About Atoms, Molecules, And Chemical Bonds: a Case Study Of Multiple-Model Use In Grade 11 Chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Herron, J. D. 1996. The chemistry classroom: Formulas for successful teaching. Washington, DC: American Chemical Society.
- Islahiah, N. 2012. Profil Model Mental Siswa pada Pokok Bahasan Keseimbangan Kimia. Tesis diterbitkan. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Jansoon, N. Coll, R. K. and Somsook, E. 2009. "Understanding Mental Models of Dilution in Thai Students". *International Journal of Environmental & Science Education*. 4(2), 147-168.
- Laliyo, L. 2011. "Model Mental Siswa dalam Memahami Perubahan Wujud Zat", *Jurnal Penelitian dan Pendidikan*, Volume 8 Nomor 1, Maret 2011.
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. 2007. Exploring The Characteristics And Diverse Sources Of Students' Mental Models Of Acids And Bases. *International Journal of Science Education*, 29 (6), 771–803.
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. 2009. The Mismatch between Student's Mental Models of Acids/Bases and their Sources and their Teacher's Anticipations thereof.. *International Journal of Science Education*. 32 (12), 1617-164 First published on: 01 October 2009 (iFirst).
- Lukum, A. 2013. Evaluation of Science Learning Supervision on Secondry School. *International Journal of Education*. 5 (4 :70).
- Jusman. 2011. Kajian Fenomenografi Aspek-Aspek Model Mental Subjek Lintas Level Akademik dalam Problem Solving Konsep Dasar Mekanika. Desertasi. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- McClary, L. and Talanquer, V. 2011. College Chemistry Students' Mental Models of Acids and Acid Strength. *Journal of Research In Science Teaching*. Volume 48, Nomor 4, PP. 396–413.
- Rahayu, S. 2013. *Identifikasi Model Mental Siswa SMA Kelas X pada Materi Hukum Newton tentang Gerak*. Vol. IX, No. 2, Oktober 2013: 12-20. ISSN (online): 2301-8550.
- Renner, J.W., and Marek, E. A. 1988. *The Learning Cycle and Elementary School Science Teaching*. Heinemann Education, Inc. Portsmouth, NH.
- Stepans, J. I. 1991. Developmental Patterns In Students' Understanding Of Physics Concepts. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 89–115). Mahwah, NJ: Lawence Erlbaum Associates.
- Wang, C.Y., 2007. The Role of Mental-Modeling Ability, Content Knowlwdge, and Mental Models in General Chemistry Students' Understanding about Molecular Polari. *Dissertation for the Doctor Degree of Philosophy in the Graduate School of the University of Missouri*. Columbia