

Pengaruh *IQ*, *gender* dan tingkatan kelas terhadap model mental siswa SMA tentang magnet

Ninik Munfarikha, Sentot Kusairi, dan Siti Zulaikhah

Pascasarjana Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No.5, Malang, Jawa Timur

E-mail: ninikrikha@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan menyelidiki model mental siswa SMA tentang magnet berdasarkan *IQ*, *gender* dan tingkatan kelas (X IPA, XI IPA dan XII IPA). Pengambilan data dilakukan di SMA Islam NU Pujon dengan subyek penelitian dipilih berdasarkan *IQ* dan *gender* pada setiap tingkatan kelas (X IPA, XI IPA dan XII IPA). Ketiga tingkatan kelas tersebut telah mendapatkan materi magnet sebelumnya di SMP. Berdasarkan hasil wawancara *prediction-observation-explanation (POE)* didapatkan tiga model sederhana yang digambarkan siswa dari penjelasan mereka tentang magnet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *IQ*, *gender* dan tingkatan kelas (X IPA, XI IPA dan XII IPA) mempengaruhi hasil pemodelan siswa tentang magnet.

1. Pendahuluan

Keterampilan abad 21 menjadi fokus pembelajaran fisika saat ini, dimana salah satu keterampilan yang harus dimiliki siswa adalah mampu menyelesaikan masalah [1, 2, 3, 4], salah satu faktor yang mempengaruhi keterampilan siswa menyelesaikan masalah adalah model mental [1, 5]. Secara umum, model mental adalah representasi internal siswa akan fenomena maupun proses alam yang terjadi disekitar secara struktural [6, 7, 8]. Pembangunan model mental dapat diasumsikan sebagai pembangunan asimilasi yang dimiliki oleh siswa dan penggambaran model secara nyata. Hal ini akan memudahkan guru untuk merancang pembelajaran yang sesuai untuk mengakomodasi pengetahuan siswa [9, 10]. Sehingga, model mental siswa akan berpengaruh pada hasil belajar fisika [9, 11, 12].

Pada beberapa penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa hasil belajar fisika secara umum dipengaruhi oleh *IQ* dan *gender*. Salah satunya adalah [13] Koul *et al* dalam penelitiannya menemukan bahwa gender laki-laki berkorelasi positif terhadap pemahaman konsep fisika dengan nilai $P < 0,01$ dan hal ini tidak berlaku untuk gender wanita. [5] Madsen *et al* dalam penelitiannya tentang pemahaman konsep siswa mengenai gerak menemukan bahwa nilai siswa laki-laki selalu lebih tinggi daripada nilai perempuan, dimana nilai untuk pretest siswa laki-laki 12% lebih tinggi dari siswa perempuan dan 13% untuk posttest lebih tinggi dari siswa perempuan. Begitupula dengan *IQ* yang dianggap sebagai variabel pengontrol dalam pencapaian hasil belajar fisika secara umum [12]. *IQ* dapat dipahami sebagai sumber awal pemrosesan informasi akan fenomena alam berdasarkan

pengetahuan yang dimiliki serta sebagai model kognitif internal dimana ini berhubungan erat dengan model mental [14].

Selama dua dekade terakhir, kesulitan siswa mengenai magnet telah secara intensif dideskripsikan [15, 16]. Hal ini dikarenakan interaksi elektromagnetik merupakan dasar dari teknologi terkini [15]. Namun, konsepsi fenomena magnetik belum diselidiki secara intensif. Hal inilah yang menjadi landasan peneliti untuk meneliti model mental siswa SMA tentang magnet pada tingkatan kelas yang berbeda dengan asumsi bahwa ketiga tingkatan tersebut telah mendapatkan materi magnet sebelumnya di SMP. Sehingga, peneliti ingin mengetahui apakah ada pengaruh *gender* dan *IQ* terhadap model mental siswa SMA tentang magnet pada tingkatan kelas yang berbeda?

2. Kajian Teori

2.1. Model Mental

Model mental adalah salah satu teori pengetahuan yang secara singkat dikatakan sebagai representasi internal yang menghasilkan analogi struktural tentang suatu proses [7]. Hal ini sebagai bentuk penalaran siswa ketika mereka mencoba untuk memahami suatu proses [16, 17, 18]. Siswa menggunakan model mental ketika mencoba untuk menjelaskan serta memprediksi suatu proses fisis [19]. Karakteristik model mental sendiri digambarkan oleh [7] didis *et all* sebagai kemampuan yang tidak terbatas, tidak stabil, tidak saintifik serta menggunakan pengetahuan yang sedikit untuk menggambarannya. Menurut gentner dalam [20] borges *et all*, karakteristik model mental adalah hasil penalaran pemodelan secara kualitatif tanpa diikuti angka kuantitatif yang mendukung. Seseorang bisa memiliki dua model mental yang tidak konsisten dalam waktu bersamaan.

[15] Hamid dan Pabunga berargumentasi bahwa model mental berhubungan dengan pengetahuan manusia akan dunia dan bagaimana dunia bekerja secara alamiah. Model mental bisa dikatakan sebagai representasi mental ataupun sebuah analogi representasi yang dikembangkan oleh kognitif perseorangan selama fungsi kognitif berlangsung [16]. Model mental siswa adalah suatu cara bagi siswa untuk meminimalkan energi memahami proses alam disekitarnya [6]. Ketika siswa mendapatkan pengetahuan baru maka, secara spontan siswa akan memodifikasi pemodelan mereka [21]. Pemodelan ini dapat melibatkan beberapa representasi. Meskipun demikian, model ini akan cenderung masih tidak lengkap dan saling berlawanan [14, 22].

2.2. Gender dan IQ

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa nilai siswa laki-laki lebih tinggi daripada siswa perempuan. [5] Madsen dalam penelitiannya menemukan bahwa siswa laki-laki cenderung memiliki pengetahuan yang lebih tinggi daripada perempuan dalam mengamati fenomena fisis. Siswa laki-laki dan perempuan juga memiliki skema belajar yang berbeda, dimana siswa laki-laki cenderung memiliki nilai matematika yang lebih tinggi daripada perempuan sehingga hal ini mempengaruhi hasil belajar fisika [13, 23].

IQ merupakan sumber awal penalaran mengenai informasi yang didapatkan [14, 24]. Sehingga, *IQ* akan mempengaruhi cara belajar, gaya hidup serta kehidupan bersosial [12]. beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui hubungan lebih jauh antara *IQ* dan hasil belajar. dari hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya koelasi positif antara *IQ* dan hasil belajar siswa. *IQ* tidak hanya berpengaruh pada nilai kognitif saja melainkan pada nilai psikomotorik juga, dimana siswa yang memiliki nilai *IQ* rata-rata atas akan cenderung mendapatkan pencapaian lebih tinggi baik kognitif maupun psikomotorik daripada siswa dengan nilai *IQ* rata-rata bawah [12].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pembangunan model mental siswa yang digunakan untuk berfikir mengenai magnet. Data didapatkan melalui wawancara semi struktur pada siswa-siswi SMA Islam NU Pujon dimana partisipan pada penelitian ini diambil pada tiga tingkatan kelas yang berbeda yaitu kelas X IPA, XI IPA dan XII IPA dengan variabel kontrol adalah *IQ* dan tingkatan kelas sedangkan *gender* sebagai variabel bebas.

Ada 6 kelompok partisipan yang terlibat dalam wawancara yaitu: (1) siswa laki-laki dan perempuan dengan *IQ* rata-rata bawah pada kelas X IPA, (2) siswa laki-laki dan perempuan dengan *IQ* rata-rata atas pada kelas X IPA, (3) siswa laki-laki dan perempuan dengan *IQ* rata-rata bawah pada kelas XI IPA, (4) siswa laki-laki dan perempuan dengan *IQ* rata-rata atas pada kelas XI IPA, (5) siswa laki-laki dan perempuan dengan *IQ* rata-rata bawah pada kelas XII IPA, dan (6) siswa laki-laki dan perempuan dengan *IQ* rata-rata atas pada kelas XII IPA. Rentang *IQ* rata-rata bawah adalah 90-99 dan rentang *IQ* nilai rata-rata atas adalah 105-109. Jumlah dan pengkodean partisipan ditunjukkan pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Jumlah dan pengkodean partisipan

Pertisipan	Kode	n
siswa laki-laki dengan IQ rata-rata bawah pada kelas X IPA	A1a	4
siswa perempuan dengan IQ rata-rata bawah pada kelas X IPA	A1b	4
siswa laki-laki dengan IQ rata-rata atas pada kelas X IPA	A2a	4
siswa perempuan dengan IQ rata-rata atas pada kelas X IPA	A2b	4
siswa laki-laki dengan IQ rata-rata bawah pada kelas XI IPA	B1a	4
siswa perempuan dengan IQ rata-rata bawah pada kelas XI IPA	B1b	4
siswa laki-laki dengan IQ rata-rata atas pada kelas XI IPA	B2a	4
siswa perempuan dengan IQ rata-rata atas pada kelas XI IPA	B2b	4
siswa laki-laki dengan IQ rata-rata bawah pada kelas XII IPA	C1a	4
siswa perempuan dengan IQ rata-rata bawah pada kelas XII IPA	C1b	4
siswa laki-laki dengan IQ rata-rata atas pada kelas XII IPA	C2a	4
siswa perempuan dengan IQ rata-rata atas pada kelas XII IPA	C2b	4
Jumlah total partisipan		48

Instrumen pada penelitian ini disusun berdasarkan *prediction-observation-explanation* (POE). Tipe peyelidikan ini cukup kuat untuk menggambarkan pemahaman kosep siswa [9, 20]. Dimulai dengan fase pertama dimana siswa diminta untuk memprediksi tentang magnet, kemudian siswa diminta untuk mengamati fenomena magnet dan menjelaskan apa yang mereka amati [20]. Kegiatan POE sendiri menggunakan material sederhana yang mudah ditemukan disekitar sehingga membantu siswa untuk menyadari fenomena fisis disekitar mereka.

4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil wawancara semistruktur ada tiga model yang ditemukan dalam penelitian dan dideskripsikan dibawah

4.1. Model A: magnet sebagai penarik besi dan logam

Magnet terlihat sebagai benda yang menarik benda-benda yang mengandung material besi dan logam serta memiliki dua kutub yang saling tarik menarik jika berbeda kutub dan tolak menolak jika sekutub. Akan tetapi, partisipan tidak dapat menjelaskan secara mendalam mengenai gaya maupun medan yang dihasilkan oleh magnet permanen. Secara umum partisipan hanya dapat melihat magnet sebagai benda yang menarik logam dan besi saja. Model ini ditemukan pada semua siswa-siswi pada semua tingkatan untuk *IQ* rata-rata bawah baik kelas X IPA, XI IPA dan XII IPA.

R: apa yang kamu ketahui tentang magnet?

P: menarik benda yang terbuat dari besi dan logam dan memiliki dua kutub yang berbeda

R: apakah magnet memiliki medan magnet?

P: mungkin demikian

Kemudian peneliti menunjukkan magnet batang dengan klip kertas disekitar. Partisipan mengamati peristiwa tersebut dan mengetahui bahwa magnet akan menarik material besi dan logam tanpa bisa menjelaskan lebih lanjut.

P : yang saya ketahui, magnet hanya akan menarik benda logam dan besi dan akan tarik menarik jika beda kutub dan tolak menolak jika sekutub.

R : mengapa demikian?

P : saya tidak tahu.



Gambar 1. Magnet sebagai penarik besi dan logam [20]

4.2. Model B: magnet sebagai medan

Pada model ini, partisipan menjelaskan bahwa magnet menyebabkan adanya gaya magnet dengan jarak tertentu dari magnet. daerah tersebut disebut sebagai medan magnet yaitu daerah dimana adanya gaya magnet yang menarik benda-benda yang bersifat magnetik seperti besi dan logam. Model magnet ini ditemukan pada siswa-siswi dengan nilai IQ rata-rata atas baik kelas X IPA, XI IPA dan XII IPA. Model ini juga ditemukan pada siswa dengan nilai IQ rata-rata bawah pada kelas XII IPA.

R : apakah yang dimaksud dengan medan magnet?

P : medan magnet adalah daerah dimana masih ada gaya magnet didaerah itu, semakin besar jarak benda dari magnet maka gaya magnetnya semakin lemah sehingga medan magnet semakin kecil.

Selanjutnya, sebuah magnet batang dan klip kertas ditunjukkan kepada partisipan untuk menjelaskan apa yang terjadi jika klip kertas divariasikan jarak ketika didekatkan dengan magnet batang. Partisipan menjelaskan bahwa magnet memiliki kemampuan untuk menarik besi dan logam dengan jarak tertentu yang mengindikasikan bahwa klip kertas tersebut dikenai gaya magnet ketika berada diwilayah medan magnet

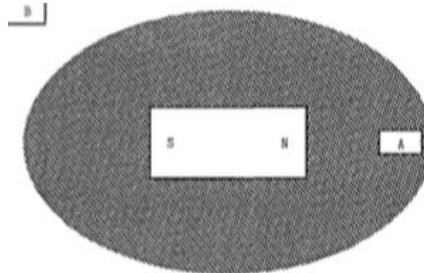
P : magnet memiliki kemampuan untuk menarik klip kertas tetapi hanya jika dekat dengan magnet, jika besi dan logam dijauhkan maka tidak akan tertarik sehingga bisa dikatakan bahwa magnet memiliki daerah tertentu dimana ada gaya magnet yang mempengaruhinya

R : kenapa demikian?

P : karena magnet memiliki energi yang mampu menarik benda logam dan besi dimana energi ini bergantung pada ukuran magnet, semakin besar magnet maka energinya semakin besar sehingga daerah yang dipengaruhi semakin luas.

R : apakah semua magnet memiliki daerah atau medan magnet?

P : iya



Gambar 2. Magnet sebagai medan [20]

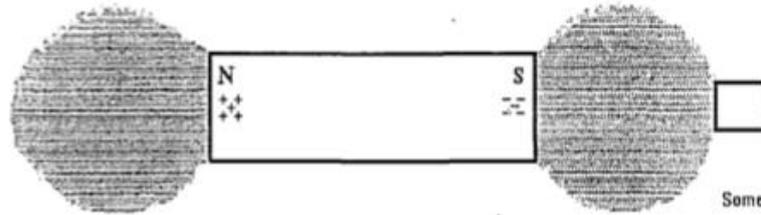
4.3. Model C: magnet adalah mengutuban muatan listrik

Pada model ini, magnet dianggap sebagai pengutuban muatan positif dan negatif. Partisipan mampu menghubungkan muatan positif dan negatif dengan pengutuban. Partisipan hanya menjelaskan secara makroskopik dan tidak menjelaskan fenomena tersebut secara mikroskopik. Siswa mulai mampu mengaitkan hubungan antara magnet dan listrik. Model C ini hanya ditemukan pada satu siswa yaitu siswa dengan IQ rata-rata atas pada kelas XII IPA

- P : menurut saya medan magnet itu bisa dikatakan juga sebagai medan positif dan medan negatif*
R : mengapa demikian?
P : karena magnet memiliki dua kutub yang berbeda atau bisa dikatakan bahwa kedua kutub tersebut adalah representasi dari pengumpulan muatan positif dan negatif. Sehingga di daerah satu ujung akan penuh dengan muatan positif dan diujung lain akan penuh dengan muatan negatif
R : apakah ada yang lain di daerah tersebut selain muatan positif dan negatif?
P : saya rasa tidak
R : mengapa magnet menarik besi?
P : besi memiliki muatan positif dan negatif sehingga jika didekatkan dengan salah satu ujung magnet, muatan yang berbeda dengan ujung magnet tersebut akan mengumpul dan benda akan tertarik

Diakhir wawancara, partisipan menjelaskan hubungan antara listrik dan magnet dengan lebih jelas. Dia menjelaskan bahwa magnet berusaha mencapai keadaan stabil. Seperti halnya partisipan lain, partisipan C1b menghubungkan kuat medan magnet dengan ukuran magnet. menurutnya, semakin besar magnet maka akan dapat mengakumulasi lebih banyak muatan listrik pada ujungnya

- R : apakah yang diberikan magnet untuk menarik sesuatu?*
P : magnet memiliki muatan positif di satu ujung dan muatan negatif diujung yang lain maka, jika kutub negatif yang menarik berarti magnet memberikan muatan negatif dan jika kutub positif yang menarik berarti memberikan muatan positif. Hal ini dilakukan untuk mencapai keadaan stabil
R : apakah ukuran magnet mempengaruhi gaya tariknya?
P : iya, jika ukuran magnet diperbesar maka, medan magnet akan meningkat. Karena magnet yang lebih besar dapat memiliki elektron dan positron lebih pada masing-masing ujung sehingga mengakibatkan kuat medan magnet lebih besar.



Gambar 3. Magnet sebagai muatan listrik yang terpolarisasi [20]

Para partisipan mencoba menalar dan memberi penjelasan ketika mengamati perilaku magnet. kebanyakan dari mereka memberikan penjelasan yang sama mengenai magnet.

Model A “magnet sebagai penarik besi dan logam” adalah tipe pertama dimana partisipan hanya dapat menggambarkan akibat gerakan magnet yang mereka amati. Model ini sesuai dengan [20] Borges *et al* yang mendeskripsikan model tarikan magnet. model ini memiliki penjelasan yang lemah dan sedikit prediksi dimana partisipan memiliki domain pengetahuan yang sangat sedikit untuk menjelaskan struktur internal magnet.

Model B, “magnet sebagai medan” adalah penjelasan secara sederhana mengenai suatu fenomena. Untuk memodelkannya, siswa menghubungkan magnet dengan pengetahuan unsur pokok magnet. Mereka juga menggambarkan intuisi tentang gaya dan energi yang tidak terlihat. Model ini juga ditemukan oleh [20] Borges *et al*, [25] Supriyatman *et al*, dan [15] Hamid R *and* Pabunga. Model ini masih belum memberikan penjelasan secara mikroskopik namun, partisipan memiliki domain pengetahuan yang cukup untuk menjelaskan struktur internal magnet.

Model C “magnet sebagai muatan listrik” yang berfokus pada peran kutub pada magnet. magnet secara singkat dijelaskan sebagai polaritas muatan listrik. Model ini juga menjelaskan secara jelas tentang hubungan ukuran magnet dengan medan yang dihasilkan. Model ini juga ditemukan oleh [25] supriyatman *et al* dan [15] Hamid R dan Pabunga. Pada model ini, siswa dianggap mulai mampu menghubungkan listrik dan magnet.

Tabel 2. Distribusi model mental (n:48)

Sampel	Magnet sebagai		
	Penarik	Daerah medan	listrik
A1a	4		
A1b	4		
A2a		4	
A2b		4	
B1a	4		
B1b	4		
B2a		4	
B2b		4	
C1a	1	3	
C1b	4		
C2a		3	1
C2b		4	
total	21	26	1

Dari tabel diatas terlihat bahwa siswa laki-laki dan perempuan dengan nilai *IQ* rata-rata bawah pada kelas X IPA hanya mampu memodelkan magnet sebagai penarik besi dan logam. Siswa laki-laki dan

perempuan dengan nilai IQ rata-rata atas pada kelas X IPA mampu memodelkan magnet sebagai medan. Siswa laki-laki dan perempuan dengan nilai rata-rata bawah pada kelas XI IPA hanya mampu memodelkan magnet sebagai penarik besi dan logam. Siswa laki-laki dan perempuan dengan nilai IQ rata-rata atas pada kelas XI IPA mampu memodelkan magnet sebagai medan. Satu siswa laki-laki dan empat siswa perempuan pada kelas XII IPA dengan nilai IQ rata-rata bawah hanya mampu memodelkan magnet sebagai medan dan tiga siswa laki-laki dengan nilai IQ rata-rata bawah pada kelas XII IPA mampu memodelkan magnet sebagai medan. Tiga siswa laki-laki dan empat siswa perempuan dengan nilai IQ rata-rata atas pada kelas XII IPA mampu memodelkan magnet sebagai medan dan satu siswa laki-laki dengan nilai IQ rata-rata atas pada kelas XII IPA mampu memodelkan magnet sebagai muatan listrik.

5. Kesimpulan dan Saran

Pemodelan siswa tentang magnet pada kelas X IPA dan XI IPA hanya dipengaruhi IQ dimana gender tidak berpengaruh. Akan tetapi, pada kelas XII IPA pengaruh *gender* dapat terlihat dimana siswa laki-laki mampu memodelkan magnet lebih baik daripada siswa perempuan. Dari hasil tersebut terlihat bahwa perbedaan pemodelan siswa mengenai magnet pada kelas X IPA dan XI IPA masih belum terlihat akan tetapi, perbedaan model mental siswa mulai terlihat pada kelas XII IPA meskipun masih ada siswa dengan nilai IQ rata-rata bawah yang hanya mampu memodelkan magnet sebagai model A. Hal ini dikarenakan siswa kelas XII IPA sudah mendapatkan materi listrik sebelumnya dan terlihat pula bahwa pemahaman siswa kelas XII IPA mengenai listrik juga masih lemah. Hal ini ditunjukkan dengan lemahannya siswa menghubungkan listrik dan magnet. Sehingga secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa model mental siswa SMA mengenai magnet dipengaruhi oleh IQ , tingkatan kelas (X IPA, XI IPA, XII IPA), dan *gender*.

Hal yang disarankan oleh peneliti untuk penelitian selanjutnya adalah penelitian mengenai pemodelan siswa mengenai listrik karena hal ini akan membantu peneliti untuk menemukan konsepsi siswa tentang listrik dan magnet secara mendalam.

6. Daftar Pustaka

- [1] Amin, Bunga Dara *et al.* 2016. The Development of Physics Learning Instrument Based on Hypermedia and Its Influence on the Student Problem Solving Skill. *Journal of Education and Practice*. **7**(6).
- [2] Ates, S and Cataloglu, E. 2007. The effects of students' reasoning abilities on conceptual understandings and problem-solving skills in introductory mechanics. *European Journal of Physics*. **28**: 1161–1171.
- [3] Ibrahim, Basirah and Robello, Sanjay. 2013. Role of mental representations in problem solving: Students' approaches to nondirected tasks. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. **9**(2).
- [4] Kurnaz, Mehmet Altan. 2013. An analysis of Turkish high school students' performance on conceptual, algorithmic and graphical physics problems. *Journal of Asian Scientific Research*. **3**(7).
- [5] Madsen, Adrian *et al.* 2013. Gender gap on concept inventories in physics: What is consistent, what is inconsistent, and what factors influence the gap?. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. **9**(2).
- [6] Corpuz, Edgar D *et al.* 2011. Investigating students' mental models and knowledge construction of microscopic friction. I. Implications for curriculum design and development. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. **7**(2).
- [7] Didis, Nilufer *et al.* 2014. Investigating students' mental models about the quantization of light, energy, and angular momentum. *Physical Review Special Topics - Physics Education*. **10**(2).

- [8] Hrepic, Zdeslav *et al.*. 2010. Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change. *physical review special topics - physics education research*. **6**(2).
- [9] Chiou, Guo-Li. 2013. Reappraising the relationships between physics students' mental models and predictions: An example of heat convection. *physical review special topics - physics education research*. **9**(1).
- [10] McBride, Dyan L *et al.*. 2010. Method for analyzing students' utilization of prior physics learning in new contexts. *physical review special topics - physics education research*. **6**(2).
- [11] Brewster, Eric and Sawtelle, Vashti. 2016. Editorial: Focused Collection: Gender in Physics. *physical review physics education research*. **12**(2).
- [12] Deary, Tan J and Johnson, Wendy. 2010. Intelligence and education: causal perceptions drive analytic processes and therefore conclusions. *International Journal of Epidemiology* . **39**:1362–1369.
- [13] Koul, Ravinder *et al.*. 2016. Gender compatibility, math-gender stereotypes, and self-concepts in math and physics. *physical review physics education research*. **12**(2).
- [14] Richardson, Ken and Norgate, Sarah H. 2015. Does IQ Really Predict Job Performance?. *applied developmental science*. **19**(3).
- [15] Hamid R and DB Pabunga. 2017. Mapping of Students' Learning Progression Based on Mental Model in Magnetic Induction Concepts. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. **7**(1).
- [16] Jelacic, Katrina *et al.*. 2017. Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. *physical review physics education research*. **13**(1).
- [17] Bao, Lei and Redish, Edward F. 2006. Model analysis: Representing and assessing the dynamics of student learning. *physical review special topics - physics education research*. **2**(1).
- [18] Smith, Trevor I. 2016. Representing uncertainty on model analysis plots. *physical review physics education research*. **12**(2).
- [19] Fazio, Claudio. 2013. Investigating the quality of mental models deployed by undergraduate engineering students in creating explanations: The case of thermally activated phenomena. *physical review special topics - physics education research*. **9**(2).
- [20] Borges, A Tarciso *et al.*. 1998. Models of Magnetism. *International Journal of Science Education*. **20**(3)
- [21] Russ, Rosemary S and Odden, Tor Ole B. 2017. Intertwining evidence- and model-based reasoning in physics sensemaking: An example from electrostatics. *physical review physics education research*. **13**(2).
- [22] Stephens, A. Lynn and Clement, John J. 2010. Documenting the use of expert scientific reasoning processes by high school physics students. *physical review special topics - physics education research*. **6**(2).
- [23] Scherr, Rachel. 2016. Editorial: Never mind the gap: Gender-related research in Physical Review Physics Education Research, 2005–2016. *physical review physics education research*. **12**(2).
- [24] Moore, Christopher and Rubbo, Louis J. 2012. Scientific reasoning abilities of nonscience majors in physics-based courses. *physical review special topics - physics education research*. **8**(1).
- [25] Supriyatman *et al.*. 2012. The Profile of Student Physics Education Mental Model in Electricity and Magnetism Concepts Using Problem Solving Test. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. **3**(8).