

## PENGENALAN SISTEM KOORDINAT POLAR DALAM PEMBAHASAN MATERI GERAK MELINGKAR BAGI SISWA MAN 1 LOMBOK TIMUR

Marzuki\*, I Wayan Sudiarta, Teguh Ardianto, Ramadian Ridho Illahi,  
Niycke Iyan Wijaya, Tami Oktavia Ariani

*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram,*

*Jalan Majapahit No.62 Mataram 83125*

\*korespondensi: [marzuki.fis@unram.ac.id](mailto:marzuki.fis@unram.ac.id)

Artikel history	<i>Received</i> : 2 Juli 2023	DOI : <a href="https://doi.org/10.29303/pepadu.v4i3.3605">https://doi.org/10.29303/pepadu.v4i3.3605</a>
	<i>Revised</i> : 18 Juli 2023	
	<i>Published</i> : 30 Juli 2023	

### ABSTRAK

Merumuskan berbagai solusi alternatif suatu permasalahan merupakan salah satu keterampilan berpikir reflektif. Keterampilan berpikir reflektif merupakan bagian dari keterampilan berpikir kritis. Oleh karenanya tahapan strategis berpikir reflektif menjadi penting untuk dilatihkan kepada siswa. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk memberikan penguatan pada siswa pada materi Gerak Melingkar melalui solusi alternatif. Metode pelaksanaan terdiri atas 3 tahapan, yaitu persiapan, pelaksanaan dan evaluasi. Inti kegiatan ini adalah (1) mereview konsep Gerak Melingkar yang pernah diajarkan di sekolah, (2) Memberikan pengenalan atau penjelasan tentang Sistem Koordinat Polar secara interaktif, serta aplikasinya pada kasus spesifik yaitu Gerak Melingkar, dan (3) mendemonstrasikan hasil analisis secara numerik terkait materi pengabdian. Secara umum dapat disimpulkan bahwa kegiatan Pengabdian Masyarakat berupa pengenalan Sistem Koordinat Polar yang dilaksanakan di MAN 1 Lombok Timur berjalan dengan baik dan lancar. Konsep-konsep tentang gerak rotasi yang selama ini hanya tentang Gerak Melingkar saja, maka dengan pemahaman tentang Sistem Koordinat Polar dapat juga mengkaji secara lebih mudah tentang gerak rotasi yang lebih umum seperti gerak benda yang berbentuk seperti spiral. Pemberian demonstrasi dapat meningkatkan motivasi belajar siswa karena memberikan gambaran riil dari model gerak benda yang selama ini mereka pelajari secara abstrak saja.

**Kata kunci:** *Berpikir reflektif, Gerak Melingkar, Sistem Koordinat Polar*

### PENDAHULUAN

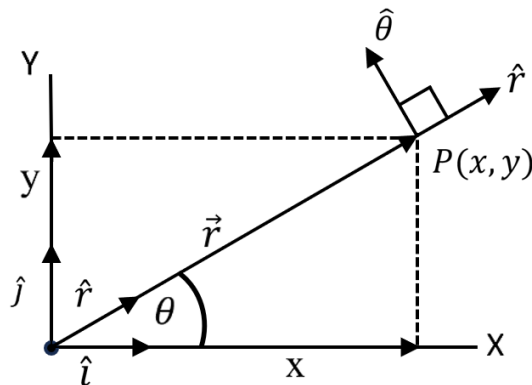
Merumuskan berbagai solusi alternatif dari suatu permasalahan merupakan salah satu keterampilan berpikir reflektif. Sebagaimana dijelaskan oleh Dewey (2010), bahwa di dalam berpikir reflektif, ada lima tahapan strategis yang dilatihkan, yaitu: keterampilan menganalisis masalah, keterampilan merumuskan ragam solusi (solusi alternatif), memilih solusi terbaik, menyelesaikan masalah dengan prosedur solusi yang dipilih, serta menguji hasil penyelesaian masalah untuk menyusun suatu kesimpulan. Mencermati hal ini maka dalam proses pembelajaran guru hendaknya memiliki kemampuan *mencari beragam solusi* dari suatu permasalahan.

Kenyataan yang terjadi selama ini adalah bahwa dalam mengajarkan atau menjelaskan suatu konsep kepada siswa seringkali guru hanya berpatokan pada apa yang ada di buku teks saja, jarang yang berinovasi berupaya mencari alternatif model pembahasan. Kemudian, pada akhir pembahasan guru meminta siswa untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang ada pada buku teks. Biasanya solusi yang ditawarkan juga hanya satu macam cara, walaupun sebenarnya bisa diselesaikan dengan berbagai cara (Sharma, 1981). Seharusnya guru juga harus terus-menerus mengembangkan

diri, berinovasi untuk memperkaya khazanah keilmuannya agar pembelajaran di kelas bisa lebih bermakna dan tuntas. Guru harus memiliki beragam cara penyelesaian suatu permasalahan yang ditawarkan kepada siswa sehingga pembelajaran yang efektif dan efisien dapat terwujud.

Keterampilan berpikir reflektif merupakan bagian dari keterampilan berpikir kritis. Oleh karenanya tahapan strategis berpikir reflektif sebagaimana diungkapkan Dewey di atas penting untuk dilatihkan kepada siswa. Terkait dengan pembelajaran fisika, hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan fisika siswa jarang melakukan “*evaluasi kembali*” kebenaran solusi yang telah diperolehnya (Ellianawati *et.al.*, 2013a). Hal ini sesuai juga dengan hasil penelitian Sabandar (2013) dalam pembelajaran matematika, bahwa pada umumnya pada penyelesaian persoalan matematika peserta didik cenderung menyelesaikan proses belajarnya apabila sudah memperoleh solusi yang dianggapnya benar, tanpa melakukan *crosscheck* terhadap jawabannya tersebut. Siswa juga cenderung menyelesaikan permasalahan hanya dengan satu cara, jarang ada upaya untuk mencari solusi dengan cara yang berbeda (solusi alternatif) (Ellianawati *et.al.*, 2013b).

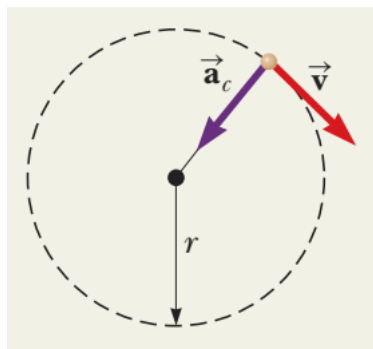
Dalam kegiatan pengabdian ini dipilih salah satu pokok bahasan yang menjadi materi kegiatan yaitu Gerak Melingkar. Terkait materi Gerak Melingkar, sepanjang sepengetahuan penulis, mulai dari tingkat SMA sampai jenjang perguruan tinggi, pembahasannya masih berkisar seperti yang ada di buku teks saja, belum tampak ada upaya untuk mencari alternatif model pembahasan dengan cara lain yang dirasakan lebih efektif karena lebih sedarhana dari biasanya. Berkaitan dengan itu, pembahasan dengan pendekatan Sistem Koordinat Polar ditawarkan sebagai salah satu model solusi. Dalam Sistem Koordinat Polar, posisi benda terhadap suatu titik acuan (O) ditentukan dengan vektor posisi  $\vec{r} = r\hat{r}(\theta)$ , dengan  $\hat{r}(\theta)$  merupakan vektor satuan dalam arah radial (arah vektor  $\vec{r}$ ). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Ungkapan Vektor Posisi benda dalam Sistem Koordinat Polar.

Kemudian, vektor kecepatan benda ditentukan oleh  $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dr}{dt}\hat{r}(\theta) + r\frac{d\theta}{dt}\hat{\theta}(\theta)$ , dengan  $\hat{\theta}(\theta)$  merupakan vektor satuan dalam arah tangensial. Sedangkan percepatan merupakan turunan terhadap waktu dari kecepatan, yaitu:  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \left(\frac{d^2r}{dt^2} - r\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2\right)\hat{r}(\theta) + \left(r\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\frac{dr}{dt}\frac{d\theta}{dt}\right)\hat{\theta}(\theta)$ . (Fowles & Cassiday, 1998).

Khusus untuk Gerak Melingkar, jarak benda terhadap titik acuan (jari-jari lintasan) konstan ( $r = R$ ), sehingga  $\frac{dr}{dt} = 0$  dan juga  $\frac{d^2r}{dt^2} = 0$ . Sebagai akibatnya vector kecepatan menjadi  $\vec{v} = R\frac{d\theta}{dt}\hat{\theta}$  dan vector percepatan menjadi:  $\vec{a} = \left(-R\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2\right)\hat{r} + \left(R\frac{d^2\theta}{dt^2}\right)\hat{\theta}$ . Ilustrasinya seperti pada gambar 2 berikut.



Gambar 2: Ilustrasi Gerak Melingkar.

Turunan  $\frac{d\theta}{dt}$  tidak lain adalah  $\omega$  (kecepatan sudut dalam rad/s) dan turunan kedua  $\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt}$  adalah  $\alpha$  (percepatan sudut dalam rad/s<sup>2</sup>). Dengan demikian diperoleh seperti pada tinjauan konvensional yaitu kecepatan  $\vec{v} = R\omega\hat{\theta}$  atau  $v = R\omega$ , dan percepatan  $\vec{a} = -R\omega^2\hat{r} + R\alpha\hat{\theta}$ , atau  $\vec{a} = a_R(-\hat{r}) + a_\theta\hat{\theta}$  dimana  $a_R = R\omega^2$  yang dinamakan percepatan sentripetal dalam arah menuju pusat lingkaran, dan  $a_\theta = R\alpha$  dinamakan percepatan tangensial dalam arah tegak lurus jari-jari.

Apabila  $\omega$  bernilai konstan maka kecepatan  $v = R\omega = konstan$ , sehingga gerak benda menjadi Gerak Melingkar Beraturan (GMB). Tentu saja dalam hal ini percepatan sudut  $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = 0$ , sehingga percepatan yang ada hanya percepatan sentripetal yang bernilai konstan,  $a_R = R\omega^2 = konstan$ . Namun apabila  $\alpha = konstan$ , maka gerak benda tersebut adalah Gerak Melingkar Berubah Beraturan (GMBB). Percepatan dalam arah tangensial  $a_\theta = R\alpha = konstan$  juga. Percepatan total menjadi  $|\vec{a}| = a = \sqrt{a_R^2 + a_\theta^2}$ .

Tampak bahwa penjelasan gerak benda melalui konsep Sistem Koordinat Polar jauh lebih sederhana dibandingkan dengan model penjelasan yang dipaparkan pada buku-buku SMA kebanyakan. Dalam penjelasan sistem polar ini didahului dengan penjelasan secara umum tentang gerak rotasi tetapi dengan jari-jari yang berubah terhadap waktu (bisa membesar ataupun mengecil). Dalam kasus khusus dimana jari-jari lintasan dibuat konstan tetapi sudut tetap berubah, maka itulah Gerak Melingkar.

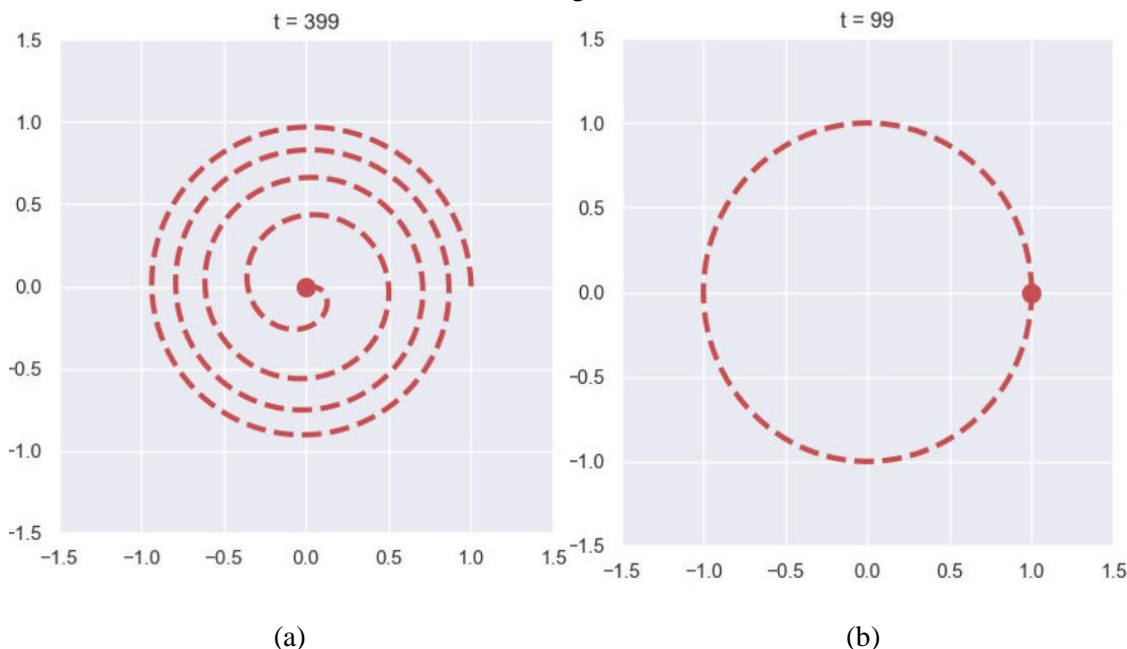
Berdasarkan hasil observasi dan pembicaraan informal dengan guru fisika dan beberapa orang siswa dalam kegiatan pra-observasi di MAN 1 Selong Lombok Timur, didapatkan fakta bahwa siswa memang belum pernah mendapatkan pembahasan materi khususnya tentang Gerak Melingkar dengan cara selain dari yang ada di buku teks. Mereka juga belum mengenal Sistem Koordinat Polar. Guru juga mengakui akan hal ini, dengan alasan tidak sempat mencari model pembahasan alternatif dikarenakan banyak dan padatnya pokok bahasan yang harus diberikan kepada siswa.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka tim pengabdian kami memberikan pengenalan Sistem Koordinat Polar sebagai salah satu model pembahasan materi Gerak Melingkar bagi siswa di MAN 1 Selong Lombok Timur. Untuk memberikan gambaran lebih jelas dari solusi Gerak Melingkar dengan Sistem Koordinat Polar ini diberikan hasil analisisnya secara numerik kepada siswa untuk memperdalam pemahaman mereka tentang konsep ini.

### METODE KEGIATAN

Pada pengabdian masyarakat ini, fokus utamanya adalah membantu siswa untuk tetap mendapatkan pengalaman belajar secara menyenangkan melalui pemberian model pembahasan alternatif dalam materi pembelajaran Gerak Melingkar dengan Sistem Koordinat Polar. Kondisi, kemampuan awal (*prior knowledge*) dan potensi siswa, dijadikan *starting point* dalam memetakan kedalaman materi pengabdian yang diberikan, yang sudah tentu melibatkan usulan dan tuntutan kebutuhan siswa serta mensinergikan dengan program-program sekolah serta kebijakan pendidikan yang telah ada.

Berdasarkan kesepakatan dengan pihak mitra, maka tim Menyusun Materi kegiatan meliputi: bahan ajar yang terdiri dari konsep tentang Gerak Melingkar, Konsep Sistem Koordinat Polar, Pendekatan Gerak Melingkar menggunakan Sistem Koordinat Polar, dan Algoritme (komputasi numerik) Gerak Melingkar. Pada tahap pelaksanaan, kegiatan yang dilakukan adalah (1) mereview konsep Gerak Melingkar yang pernah diajarkan oleh guru di sekolah, (2) Memberikan pengenalan atau penjelasan tentang Sistem Koordinat Polar secara interaktif, serta aplikasinya pada kasus spesifik yaitu Gerak Melingkar, dan (3) Tim mendemonstrasikan hasil analisis secara numerik tentang materi pengabdian.



Gambar 3: Hasil analisis numerik bentuk lintasan gerak benda (a) jika jari-jari berubah terhadap waktu (Gerak spiral) dan (b) jika jari-jari  $r = R = \text{konstan}$  (Gerak Melingkar)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada tiga tahapan yang dilakukan dalam kegiatan pengabdian ini, yaitu 1) kegiatan pemantapan kembali konsep Gerak Melingkar yang pernah diajarkan oleh guru fisika di sekolah, 2) kegiatan pengenalan Sistem Koordinat Polar sekaligus penerapannya dalam menyelesaikan persoalan Gerak Melingkar, dan 3) Mendemonstrasikan bentuk lintasan benda yang berotasi bila jari-jari  $r$  berubah (membesar ataupun mengecil), serta bentuk lintasan benda bila jari-jari  $r$  konstan ( $= R$ ).

Pada *kegiatan pertama* terungkap fakta bahwa secara umum siswa masih kurang menguasai secara konsep tentang materi Gerak Melingkar. Kebanyakan masih pada tahapan menghafal rumus dan menggunakan rumus tersebut dalam menyelesaikan persoalan-persoalan Gerak Melingkar. Pemahaman siswa tentang konsep vektor masih sangat kurang, termasuk pula penguasaan konsep kalkulus sederhana dan konsep trigonometri. Fakta ini diakui oleh guru bidang studinya, yang merasakan kesulitan dalam memberikan pemahaman tentang konsep Gerak Benda secara konseptual bagi siswanya. Pada buku Lembar Kerja Siswa (LKS) yang dimiliki siswa juga kurang tersajikan materi yang menuntut penguasaan konsep fisika siswa, soal-soal latihan yang ada masih berupa drill soal dalam bentuk penyelesaian secara matematik saja. Atas masalah ini tim menyarankan agar para guru Fisika dalam proses pembelajarannya mengemas suatu materi ajar ataupun lembar kerja yang menitikberatkan pada penguasaan konsep fisika siswanya. Tak kalah pentingnya pula agar bersinergi dengan guru matematika untuk lebih mempertajam kemampuan matematika siswanya, dikarenakan kemampuan matematika sangat berpengaruh dalam kemampuan penguasaan konsep fisika.

Pada *kegiatan kedua* yaitu pengenalan konsep Sistem Koordinat Polar, siswa diperkenalkan dengan ungkapan posisi benda yang selama ini ditentukan dengan pasangan koordinat  $(x,y)$  menjadi pasangan

koordinat baru yaitu  $(r, \theta)$ . Materi ini diakui oleh siswa bahwa mereka baru mendapatkannya pada kegiatan ini. Guru juga mengakui bahwa materi ini belum pernah diajarkan kepada siswanya. Oleh karena itu kegiatan ini menjadi sangat tepat, untuk memberikan bekal kemampuan kepada siswa dalam mengkaji permasalahan fisika secara lebih mendalam. Pemilihan materi ini juga sebagai materi kegiatan pengabdian, terinspirasi oleh lemahnya pengetahuan mahasiswa di kampus pada saat mengkaji materi fisika yang membutuhkan pembahasan dengan pendekatan Sistem Koordinat Polar.



Gambar 4: Foro-foro kegiatan Pengabdian

Konsep dasar pertama yang dikenalkan adalah tentang vektor satuan dalam Sistem Koordinat Polar yaitu: vektor satuan dalam arah vektor  $\vec{r}$  ( yaitu  $\hat{r}$ ) dan vektor satuan dalam arah perbesaran sudut  $\theta$  ( yaitu  $\hat{\theta}$ ). Atas dasar bimbingan dari tim, siswa dapat memahami dengan baik serta mampu menemukan sendiri keterkaitan antara kedua vektor satuan ini dengan vektor satuan dalam sistem koordinat kartesius ( $\hat{i}$  dan  $\hat{j}$ ). Akan tetapi, dalam menurunkan vektor kecepatan dan percepatan benda dalam S.K. Polar siswa terkendala dengan permasalahan matematik lagi yaitu konsep turunan dan trigonometri. Mengatasi hal ini tim memberikan sedikit penjelasan sebatas konsep yang diperlukan untuk memahami materi kegiatan yang diberikan.

Setelah menemukan ungkapan ketiga variabel penting dalam gerak benda yaitu *vektor posisi*, *vektor kecepatan* dan *vektor percepatan* dalam S.K. Polar, dengan mudah siswa dapat menerapkannya dalam Gerak Melingkar, yaitu dengan hanya membuat konstan jarak benda dari suatu titik acuan (pusat lingkaran). Hubungan kecepatan sudut dan kecepatan tangensial, hubungan percepatan sudut dan percepatan tangensial, percepatan sentripetal, dan percepatan total, kesemuanya dapat diturunkan dengan lebih mudah dan lebih sederhana dari cara penyajian seperti biasanya.

Untuk melengkapi pengetahuan siswa tentang Gerak Rotasi ini, pada kegiatan ketiga tim juga melakukan demonstrasi bentuk lintasan gerak benda, baik untuk Gerak Melingkar Beraturan, Gerak Melingkar Berubah Beraturan, maupun gerak rotasi untuk secara umum (untuk  $r$  yang berubah, baik yang mengecil ataupun membesar). Kegiatan deminstrasi ini ditujukan untuk meningkatkan motivasi dan minat siswa terhadap materi yang diberikan.

Di akhir kegiatan ketiga ini, tim memberikan kuis untuk melihat penguasaan siswa pada konsep vektor, matriks, dan trigonometri. Berdasarkan hasil ini, diperoleh lebih dari 60% penguasaan tentang konsep ini



masih dalam kategori kurang. Namun demikian, secara umum materi tentang Sistem Koordinat Polar serta penerapannya dalam konsep Gerak melingkar, dapat difahami oleh siswa dengan baik.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan di atas dapatlah disimpulkan bahwa secara umum kegiatan Pengabdian Masyarakat berupa pengenalan Sistem Koordinat Polar yang dilaksanakan di MAN 1 Lombok Timur berjalan dengan baik dan lancar. Atas bimbingan secara seksama dan humanis dari tim, siswa dapat memahami dengan baik materi kegiatan yang diberikan. Konsep-konsep tentang gerak rotasi yang selama ini hanya tentang Gerak Melingkar saja, maka dengan pemahaman tentang Sistem Koordinat Polar dapat juga mengkaji secara lebih mudah tentang gerak rotasi yang lebih umum seperti gerak benda yang berbentuk seperti spiral. Pemberian demonstrasi dapat meningkatkan motivasi belajar siswa karena memberikan gambaran riil dari model gerak benda yang selama ini mereka pelajari secara abstrak saja. Pihak sekolah merasa kegiatan pengabdian semacam ini memiliki kebermanfaatannya yang luar biasa. Para guru dan juga siswa merasa senang dengan kegiatan yang diberikan, sehingga kepala sekolah berharap kegiatan ini memiliki kelanjutan di tahun-tahun berikutnya.

### Saran

Ada sejumlah saran yang kiranya perlu dipertimbangkan oleh pihak sekolah dalam upaya peningkatan kualitas pembelajaran di sekolah, antara lain:

1. Konsep tentang Sistem Koordinat Polar perlu diperkenalkan dengan baik pada siswa yang berada di sekolah menengah atas, agar memudahkan siswa dalam mengkaji konsep-konsep fisika secara lebih mendalam, terlebih materi fisika yang memerlukan pengkajian dengan System Koordinat Polar.
2. Guru Matematika yang ada di sekolah perlu lebih mengintensifkan penugasan kepada siswa yang bersifat memperkuat penguasaan matematik siswa, baik berupa konsep vector, matriks, turunan, maupun konsep-konsep trigonometri.
3. Guru perlu Menyusun Lembar Kerja Siswa (LKS) Fisika yang menitikberatkan pada penguasaan konsep fisika siswa, bukan hanya berupa penyelesaian soal secara matematik saja.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PNPB Fakultas MIPA yang telah memberi dukungan **financial** terhadap pengabdian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dewey, J. (1910). *How We Think*. Boston, New York, Chicago: D.C. Heath and Co. Publishers.
- Ellianawati, Rusdiana, D., Sabandar, J. (2013a). Reflective Thinking Skills in Prospective Physics Teachers. Diseminarkan dalam forum MSCEIS 2013. Tanggal 19 Oktober 2013 di UPI Bandung.
- Ellianawati, E., Rusdiana, D., & Sabandar, J. (2013b). Kontribusi Pembelajaran Fisika Matematika dalam Mengembangkan Kemampuan Pemecahan Masalah Calon Guru Fisika Melalui Keterampilan Berpikir Reflektif. *Prosiding Seminar dan Simposium Fisika* . pp. 130-136.
- Fowles, G.R. & Cassiday, G.L. (1998). *Analytical Mechanics*, United States: Thomson Learning.
- Sabandar, J. (2013). Berpikir Reflektif dalam Pembelajaran Matematika. Tersedia di website: [http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR.\\_PEND.\\_MATEMATIKA/194705241981031\\_JO\\_ZUA\\_SABANDAR/KUMPULAN\\_MAKALAH\\_DAN\\_JURNAL/Berpikir\\_Reflektif2.pdf](http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._MATEMATIKA/194705241981031_JO_ZUA_SABANDAR/KUMPULAN_MAKALAH_DAN_JURNAL/Berpikir_Reflektif2.pdf). (diakses tanggal 25 Mei 2013).
- Sharma, R.C. (1981). *Modern Science Teaching*. New Delhi: Dhanpat Rai & Sons.