

ANALOGI SEBAGAI SUATU METODE ALTERNATIF DALAM PENGAJARAN SAINS FISIKA SEKOLAH

Daimul Hasanah

Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jl. Marsda Adi Sucipto No. 1, Yogyakarta 55281
e-mail: daim_alhasan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Analogi memainkan peran yang sangat penting sebagai salah satu strategi pengajaran sains (fisika) dalam menunjang proses pembelajaran di sekolah. Strategi ini dapat digunakan sebagai salah satu metode alternatif untuk mengatasi hambatan komunikasi belajar antara guru dan siswa, khususnya jika siswa menghadapi kesulitan belajar dalam hal memahami materi ajar baru namun memiliki kemiripan alur berpikir dengan materi ajar sebelumnya. Artikel ini akan memperkenalkan dan membahas dua konsep utama, yaitu: konsep rujukan, materi ajar yang sudah dipahami sebelumnya oleh siswa; dan konsep target, materi ajar yang akan dipahami kepada siswa. Pembahasan kedua pada konsep tersebut akan disertai dengan beberapa contoh kasus dalam pengajaran fisika di sekolah. Tidak menutup kemungkinan bagi para guru di kelas, juga bagi para calon guru fisika, untuk memanfaatkan metode alternatif ini sebagai salah satu cara untuk meningkatkan keterampilan berpikir siswa. Selain itu, juga untuk meningkatkan pemahaman dan menghindari kesalahpahaman (miskonsepsi) bagi guru itu sendiri. Dengan demikian, pengayaan materi bahan ajar tidak hanya dapat dilakukan melalui latihan soal berulang dan berjenjang, melainkan juga dapat dilakukan dengan memperkenalkan paradigma baru agar diperoleh wawasan pemahaman materi ajar yang lebih luas dan komprehensif.

Kata kunci: analogi, pengajaran dengan analogi (Teaching with Analogy, TWA).

1. PENDAHULUAN

Analogi seringkali digunakan oleh seseorang untuk menjelaskan suatu kejadian tertentu kepada orang lain. Sebagai contoh, seorang guru sains memanfaatkan analogi untuk menjelaskan konsep-konsep yang dianggap sulit oleh siswa, agar terbentuk pemahaman yang lebih baik tentang materi ajar tertentu. Dalam hal ini, kehadiran analogi mutlak diperlukan, khususnya jika materi ajar berhubungan dengan wilayah di luar jangkauan panca indera manusia atau alat bantu visual untuk pengamatan. Misalnya, aliran arus listrik dapat dianalogikan (pada batas tertentu) dengan aliran air [1]. Atau analogi (pada batas tertentu) antara dinamika elektron mengitari inti masif sebagai pusat atom (pada skala atomik) dengan peredaran planet-planet mengelilingi matahari sebagai pusat tata surya dalam jagad makrokosmos [2]. Dengan demikian, analogi merupakan suatu cara untuk menghubungkan suatu objek dengan objek lain.

Peran penting analogi sebagai suatu metode alternatif pengajaran untuk mencari terobosan baru dalam proses pembelajaran sains mensyaratkan adanya kemiripan alur berpikir antara materi ajar yang sudah dimengerti sebelumnya oleh siswa dengan materi ajar baru yang sedang dipelajari. Kemiripan alur berpikir dalam pelajaran fisika tersebut mencakup kronologi penalaran dan perangkat matematik yang digunakan untuk mendeskripsikan fenomena fisis yang sedang dipelajari. Agar analogi berjalan dengan efektif, maka diperlukan konsep rujukan, yaitu konsep fisika yang sudah diajarkan dan dipahami dengan baik oleh siswa. Konsep rujukan tersebut kemudian dikembangkan untuk menjelaskan konsep target, yaitu konsep fisika materi ajar baru. Perbandingan yang menyeluruh antara kedua konsep tersebut dapat memperluas cakrawala berpikir baik guru maupun siswa, dan mencegah terjadinya miskonsepsi dengan jalan mempertahankan prakonsepsi yang benar atau mengubah peta konsep berpikir siswa dari prakonsepsi yang salah menuju konsep yang benar sesuai teori yang berlaku untuk satu materi ajar tertentu. Bagi para guru sains, metode ini dapat digunakan untuk mengembangkan kreasi dan inovasi pembelajaran sains dalam arti sesungguhnya. Selain itu, metode ini juga bermanfaat untuk melatih keterampilan berpikir siswa dan

menumbuhkembangkan sikap-sikap positif seperti misalnya berpikir kritis, logis, dan analitis sebagai bagian dari pendidikan karakter [2].

Empat studi kasus sebagai contoh materi ajar yang mengeksploitasi peran analogi yang akan dibahas dalam artikel ini antara lain: (1) analogi antara gaya gravitasi dengan gaya elektrostatika; (2) analogi antara medan gravitasi dan medan elektrostatika beserta segala konsekuensinya; (3) analogi antara kinematika translasi dengan kinematika rotasi; dan (4) analogi antara dinamika translasi dengan dinamika rotasi. Sistematika penulisan artikel ini adalah sebagai berikut: metodologi strategi pengajaran dengan analogi dipaparkan pada bagian 2, pembahasan empat kasus diuraikan pada bagian 3, diikuti dengan penutup pada bagian 4.

II. Metodologi

Metode pengajaran dengan analogi yang diangkat sebagai tema utama dalam artikel ini adalah berdasarkan model *Teaching with Analogy* (TWA) yang diperkenalkan oleh Shawn Glynn (1995). Model TWA membuat peta perbandingan (*mapping*) antara konsep rujukan dan konsep target. Bila terdapat banyak kemiripan antara kedua konsep tersebut, maka sebuah analogi berpikir dapat dibangun [2]. Adapun langkah-langkah TWA yang dikembangkan oleh Glynn adalah sebagai berikut [3]: (1) memperkenalkan konsep target; (2) mengulas kembali konsep rujukan; (3) mengidentifikasi sifat-sifat konsep rujukan dan konsep target; (4) memetakan sifat-sifat konsep rujukan dengan konsep target; (5) mengidentifikasi sifat-sifat konsep rujukan yang tidak relevan (menyampaikan batasan analogi antara kedua konsep); dan (6) menarik kesimpulan. Dalam proses pembelajaran, keenam tahap operasi model TWA tersebut dapat saja dimodifikasi, namun prinsip keenam tahap operasi tersebut harus tergambar. Jika ada tahap yang dilompati maka besar kemungkinan terjadi miskonsepsi pada siswa. Kesalahan konsep tersebut dapat dihindari jika kepada siswa dijelaskan tentang keterbatasan-keterbatasan analogi. Guru dapat menggunakan model pembelajaran ini dalam menjelaskan konsep-konsep sains secara sistematis. Akan tetapi, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menerapkan model

TWA ini, yaitu: (1) Guru harus terlebih dahulu menjelaskan konsep rujukan sehingga siswa memahami materi yang akan dibahas. Kurangnya penguatan konsep rujukan akan berpengaruh terhadap proses konstruksi pengetahuan dan proses berpikir siswa. (2) Hubungan antara konsep rujukan dengan target harus ada kesamaan dalam hal fungsional, struktural, maupun struktur-fungsional sehingga siswa akan lebih memahami konsepnya secara jelas dan utuh. (3) Konsep rujukan sebaiknya bersifat sederhana, penuh makna, luas, dan dapat memvisualisasikan target secara benar dan tepat. Hindari menggunakan konsep rujukan yang rumit dan hal baru yang belum dikenal oleh siswa. Hal tersebut akan mempersulit siswa dalam memahami target yang ingin dicapai.

Namun demikian, situasi sebaliknya bisa saja terjadi, dimana materi ajar target datang mendahului materi ajar rujukan. Untuk mengatasi hal ini, maka konsep rujukan tetap harus disampaikan terlebih dahulu (dengan menghindari kompleksitas masalah berupa kerumitan matematik) kepada siswa sebelum pembahasan tentang konsep target dilakukan.

II. PEMBAHASAN

3.1 Gaya Gravitasi dan Gaya Elektrostatika

Secara umum, gaya didefinisikan sebagai suatu tarikan atau dorongan yangdikerjakanoleh sebuah benda terhadap benda lain. Gaya termasuk besaran vektor karena selain memiliki nilai, juga memiliki arah.Gaya dapat bekerja pada benda lain dengan atau tanpa melalui sentuhan atau kontak fisik. Oleh karena itu, gaya dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu gaya sentuh (kontak) dan gaya tidak sentuh (tak kontak). Pembagian ini berdasarkan pada cara suatu gaya mempengaruhi benda lain. Gaya sentuh adalah gaya yang membutuhkan kontak fisik secara langsung untuk interaksinya. Contoh gaya sentuh: gaya otot, gaya pegas, dan gaya gesek. Gaya tak sentuh adalah gaya yang tidak membutuhkan kontak fisik secara langsung untuk interaksinya. Contohnya: gaya magnet, gaya gravitasi, dan gaya listrik.Bagian ini hanya membahas gaya tak sentuh saja dengan

fokus pembahasan adalah sifat simetri (analogi) antara gaya gravitasi dengan gaya elektrostatika.

Gaya gravitasi Newton \mathbf{F} dinyatakan dengan [4]:

$$\mathbf{F}_{12} = -\frac{Gm_1m_2}{r_{12}^2} \hat{\mathbf{r}}_{12} \quad (1)$$

Sementara itu, jika ada dua buah muatan (diam), muatan sumber dan muatan uji, terpisah pada jarak r maka gaya elektrostatika yang dialami oleh muatan uji dinyatakan dengan [5]:

$$\mathbf{F} = k \frac{qq_0}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (3)$$

Dilihat dari struktur formula matematisnya, ada beberapa kemiripan sifat antara gaya gravitasi dengan gaya elektrostatika (lihat Tabel 1) yaitu: (1) gaya gravitasi muncul karena adanya entitas massa dan gaya elektrostatika muncul karena adanya entitas muatan listrik; (2) baik gaya gravitasi maupun gaya elektrostatika, keduanya berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak antara kedua entitas. Sementara itu, perbedaan antara keduanya adalah sebagai berikut: (1) gaya gravitasi selalu merupakan gaya tarik-menarik, sedangkan gaya elektrostatika ada dua kemungkinan: tarik-menarik atau tolak-menolak; (2) jika kedua gaya ini muncul pada interaksi antara dua benda maka gaya gravitasi selalu jauh lebih kecil daripada gaya elektrostatika. Dengan kata lain, gaya gravitasi dapat diabaikan terhadap gaya elektrostatika. Namun demikian, perbedaan tersebut tidak mengurangi esensi analogi kedua gaya.

Tabel 1. Perbandingan antara gaya gravitasi dengan gaya elektrostatika

Sifat yang Dibandingkan	Gaya Gravitasi	Gaya Elektrostatika
Sumber	m_1m_2	q_1q_2
Kekuatan	$\sim r^{-2}$	$\sim r^{-2}$
Tetapan kesebandingan	G (bernilai sangat kecil)	k (bernilai sangat besar)

Sifat	Tarik-menarik saja	Tarik-menarik atau tolak-menolak
-------	--------------------	----------------------------------

3.2 Medan Gravitasi dan Medan Elektrostatika [2]

Medan dalam pengertian yang lebih luas didefinisikan sebagai besaran fisis yang memiliki nilai di setiap titik dalam ruang. Terdapat dua jenis medan yang dikenal dalam bidang fisika, yaitu medan skalar dan medan vektor. Contoh medan skalar antara lain: distribusi temperatur dan tekanan udara dalam ruang terbuka, sedangkan contoh medan vektor antara lain: medan gravitasi, medan elektrostatika, medan magnetostatika, dan medan kecepatan fluida. Bagian ini hanya mengulas medan vektor saja dengan fokus pembahasan adalah sifat simetri (analogi) antara medan gravitasi dengan medan elektrostatika. Dalam hal ini, perilaku medan vektor dapat dicari melalui operasi divergensi dan operasi curl, dimana operator nabla dimanfaatkan secara optimal. Melalui kedua macam operasi tersebut, diperoleh beberapa kemiripan sifat antara medan gravitasi dengan medan elektrostatika (lihat Tabel 2) sebagai berikut: (1) kehadiran medan gravitasi atau medan elektrostatika mutlak diperlukan agar terjadi gaya (interaksi) gravitasi Newton atau gaya (interaksi) Coulomb; (2) medan gravitasi dan medan elektrostatika merupakan medan konservatif, dengan demikian menghasilkan gaya konservatif yang menjamin eksistensi kelestarian energi.

Medan gravitasi dinyatakan dengan [4]:

$$\mathbf{g} = \frac{\mathbf{F}_g}{m} = -\frac{GM_E}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (3)$$

sehingga

$$\mathbf{F}_g = m\mathbf{g} \quad (4)$$

Medan elektrostatika dinyatakan dengan [5]:

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}_e}{q_0} \quad (5)$$

sehingga

$$\mathbf{F}_e = q_0 \mathbf{E} \quad (6)$$

Tabel 2. Perbandingan antara medan gravitasi dengan medan elektrostatika

Sifat yang Dibandingkan	Medan Gravitasi	Medan Elektrostatika
Sifat konservatif	$\nabla \times \mathbf{g} = 0$	$\nabla \times \mathbf{E} = 0$
Interaksi	$\mathbf{F}_g = m\mathbf{g}$	$\mathbf{F}_e = q_0 \mathbf{E}$

3.3 Kinematika Translasi dan Kinematika Rotasi

Salah satu cabang kajian dari ilmu fisika klasik adalah mekanika. Mekanika dibagi menjadi dua cabang, yaitu kinematika dan dinamika. Cabang dari ilmu fisika (mekanika) yang mempelajari gerak tanpa mempedulikan penyebab timbulnya gerak disebut kinematika. Sementara itu, ilmu yang mempelajari gaya sebagai penyebab timbulnya geraksuatu bendadisebut dinamika. Bagian ini hanya membahas kinematikasaja dengan fokus pembahasan adalah sifat simetri (analogi) antara kinematika translasi dengan kinematika rotasi.

Selanjutnya, pembahasan kinematika translasi hanya dibatasi pada gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Gerak lurus beraturan didefinisikan sebagai gerak suatu benda pada suatu lintasan garis lurus dengan kecepatan tetap. Yang dimaksud dengan *kecepatan tetap* adalah arah gerak benda selalu tetap dan besar kecepatannya juga tetap. Oleh karena itu, percepatan benda pada GLB sama dengan nol ($a = 0$). Sementara itu, gerak lurus berubah beraturan didefinisikan sebagai gerak benda pada suatu lintasan lurus dengan percepatan tetap.

Seperti halnya pada kinematika translasi, pembahasan pada kinematika rotasi terhadap suatu poros tetap ini juga hanya dibatasi pada gerak melingkar beraturan (GMB) dan gerak melingkar berubah beraturan (GMBB). Gerak melingkar beraturan didefinisikan sebagai gerak benda pada suatu lintasan melingkar dengan vektor kecepatan sudut ω tetap. Dalam

GMB, variabel yang tetap adalah vektor (besar dan arah) kecepatan sudut ω sedangkan vektor kecepatan linier tidak tetap. Vektor kecepatan linier v tidak tetap karena dalam GMB besar kecepatan linier (disebut kelajuan linier) adalah tetap tetapi arah vektor kecepatan linier v selalu berubah (tidak tetap). Gerak melingkar berubah beraturan adalah gerak benda pada suatu lintasan melingkar dengan percepatan sudut α tetap.

Pada kinematika translasi, panjang lintasan yang ditempuh benda diwakili oleh variabel x , kecepatan linier diwakili oleh variabel v , dan percepatan linier (tangensial) diwakili oleh variabel a . Sementara itu, pada kinematika rotasi panjang lintasan yang ditempuh benda diwakili oleh variabel θ , kecepatan sudut diwakili oleh variabel ω , dan percepatan sudut diwakili oleh variabel α . Berdasarkan kemiripan sifatnya tersebut, analogi antara kinematika translasi dengan kinematika rotasi ditunjukkan pada Tabel 3 [6].

Tabel 3.Perbandingan Gerak Translasi dan Rotasi

Gerak Translasi		Gerak Rotasi		Hubungan
Besaran	Dimensi	Besaran	Dimensi	
X (m)	[L]	θ (rad)	Tidak berdimensi	$x = r \theta$
v (m/s)	[LT ⁻¹]	ω (rad/s)	[T ⁻¹]	$v = r \omega$
a_t (m/s ²)	[LT ⁻²]	α (rad/s ²)	[T ⁻²]	$a_t = r \alpha$

Selain perbandingan yang ditunjukkan pada Tabel 3, ternyata persamaan yang berlaku pada kinematika translasi memiliki kemiripan dengan kinematika rotasi. Analogi tersebut ditunjukkan pada Tabel 4 [6].

Tabel 4. Kemiripan Kinematika Translasi dan Rotasi

Translasi (satu dimensi)	Rotasi (poros tetap)
GLB (v tetap) $x = x_0 + vt$	GMB (ω tetap) $\theta(t) = \theta_0 + \omega t$
GLBB (a tetap) $v = v_0 + at$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$	GMBB (α tetap) $\omega(t) = \omega_0 + \alpha t$ $\theta(t) = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$ $\omega^2(t) = \omega_0^2 + 2\alpha\Delta\theta$

Tabel 3 menunjukkan perbandingan antara gerak translasi dengan gerak rotasi. Hal yang penting untuk diperhatikan dari hubungan antara keduanya adalah semua partikel (titik) yang terdapat pada suatu benda tegar yang berputar terhadap suatu poros tetap memiliki *nilai-nilai sudut* (perpindahan sudut, kecepatan sudut, dan percepatan sudut) yang sama, tetapi memiliki nilai-nilai linear (perpindahan linier, kecepatan linier, dan percepatan tangensial) yang besarnya bergantung pada r (jarak partikel dari pusat rotasi).

3.4 Dinamika Translasi dan Dinamika Rotasi

Fokus pembahasan pada bagian ini adalah sifat simetri (analogi) antara dinamika translasi dengan dinamika rotasi. Pembahasan dinamika translasi dibatasi lagi hanya pada lintasan garis lurus sehingga disebut dinamika gerak lurus.

Pada kajian dinamika gerak, objek benda yang ditinjau selalu dianggap sebagai sebuah titik materi. Jika resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut tidak nol ($\Sigma \mathbf{F} \neq 0$) maka untuk menyelesaikan masalah tersebut digunakanlah hukum II Newton $\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$. Sementara itu, dalam kajian dinamika rotasi, benda yang ditinjau ukurannya tidak boleh diabaikan (benda tegar). Konsekuensi dari kenyataan tersebut adalah resultan gaya yang

bekerja pada benda tegar akan menyebabkan benda tersebut mengalami gerak translasi sekaligus juga gerak rotasi. Gerak rotasi tersebut disebabkan oleh adanya *torsi*, yaitu ukuran kecenderungan sebuah gaya untuk memutar suatu benda tegar terhadap suatu titik poros tertentu. Masalah dinamika rotasi dapat diselesaikan dengan dua persamaan sekaligus, yaitu hukum II Newton untuk gerak translasi ($\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$) dan hukum II Newton untuk gerak rotasi ($\Sigma \boldsymbol{\tau} = I\boldsymbol{\alpha}$). Tampak ada kemiripan antara keduanya (lihat Tabel 5), antara lain: (1) gaya \mathbf{F} pada dinamika translasi mirip dengan gaya $\boldsymbol{\tau}$ pada dinamika rotasi; (2) massa m pada dinamika translasi mirip dengan momen inersia I pada dinamika rotasi; (3) percepatan linear (tangensial) \mathbf{a} pada dinamika translasi mirip dengan percepatan sudut $\boldsymbol{\alpha}$ pada dinamika rotasi; (4) momentum linier \mathbf{p} yang berlaku pada dinamika translasi analog dengan momentum sudut \mathbf{L} pada dinamika rotasi (lihat kembali analogi \mathbf{v} dengan $\boldsymbol{\omega}$ pada bagian 3.3); (5) hukum kelestarian momentum pada dinamika translasi mirip dengan hukum kelestarian momentum pada dinamika rotasi; (6) energi kinetik translasi $E_{K_{\text{trans}}}$ mirip dengan energi kinetik rotasi $E_{K_{\text{rot}}}$; (7) hubungan antara \mathbf{F} dengan \mathbf{p} mirip dengan hubungan antara $\boldsymbol{\tau}$ dengan \mathbf{L} .

Tabel 5.Analogi antara Dinamika Translasi dengan Rotasi

Sifat yang Dibandingkan	Dinamika Translasi	Dinamika Rotasi
Gaya	\mathbf{F}	$\boldsymbol{\tau}$
Kuantitas	M	I
Percepatan	\mathbf{A}	$\boldsymbol{\alpha}$
Momentum	\mathbf{P}	\mathbf{L}
Kelestarian momentum	$m_1\mathbf{v}_1 = m_2\mathbf{v}_2$	$I_1\boldsymbol{\omega}_1 = I_2\boldsymbol{\omega}_2$
Energi kinetik	$\frac{1}{2} m\mathbf{v}^2$	$\frac{1}{2} I\boldsymbol{\omega}^2$
Hubungan	$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$	$\boldsymbol{\tau} = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$

Hukum kelestarian energi mekanik pada dinamika translasi juga berlaku untuk dinamika rotasi. Namun demikian, ada sedikit perbedaan. Jika benda mengalami gerak translasi saja (meluncur) maka energi yang berperan dalam gerak tersebut hanyalah energi potensial dan kinetik translasi. Sementara itu, ketika sebuah benda mengalami dinamika rotasi (menggeling) maka energi kinetik yang dialami benda merupakan gabungan dari energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi.

III. PENUTUP

Analogi memainkan peran vital dalam proses pembelajaran sains sekolah melalui pengajaran yang kreatif dan inovatif oleh guru sains, serta pelatihan keterampilan berpikir dan pembentukan kepribadian siswa melalui tindak kritis, logis, dan analitis. Walaupun strategi pengajaran sains dengan analogi diyakini dapat mempermudah proses belajar siswa, namun penerapan teknik ini di kelas harus memperhatikan beberapa hal, misalnya prakonsepsi dan daya serap siswa untuk menghindari terjadinya miskonsepsi. Sampai dengan saat ini, sejauh pengetahuan penulis belum ada bukti empiris atau kajian kuantitatif melalui penelitian pendidikan dengan topik "*Using TWA in Learning Science*" yang dilakukan oleh sivitas akademik di UIN Sunan Kalijaga. Oleh karena itu, sebagai suatu gagasan alternatif dalam pembelajaran sains, meski bukan hal baru di tingkat internasional, metode alternatif ini layak dicoba untuk dilatihkan kepada mahasiswa program sarjana UIN Sunan Kalijaga, agar penelitian pendidikan di lingkungan Fakultas Saintek memiliki topik yang tidak monotonik. Pada akhirnya, uji kelayakan metode pengajaran dengan analogi melalui penelitian kelas dengan melibatkan siswa sekolah atau mahasiswa program sarjana sangat diperlukan untuk mengetahui korelasi antara metode ini dengan hasil belajar siswa sekolah atau mahasiswa.

IV. PUSTAKA

- [1] Sparisoma Viridi, *Pembelajaran Fisika: Asumsi Tersembunyi, Miskonsepsi, Cara Belajar Analogi, Peraga Eksperimen Sederhana, dan Muatan Lokal*, Institut Teknologi Bandung, 2010.
- [2] Tjipto Prastowo, *Strategi Pengajaran Sains dengan Analogi: Suatu Metode Alternatif Pengajaran Sains Sekolah*, JPFA, 2011, hal. 8-13.
- [3] Anonim, *Model Pembelajaran Analogi dan Pemahaman Konsep Fisika*, Universitas Pendidikan Indonesia, hal. 11-34.
- [4] Paul A. Tipler, *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Jakarta: Erlangga, 1998, hal. 344-350.
- [5] Serway & Jewett, *Physics for Scientists and Engineers 6th edition*, Thomson Brooks/Cole, 2004, hal. 711-713.
- [6] Marthen Kanginan, *Fisika 2000 jilid 3A*, Jakarta: Erlangga, 2003, hal. 33-54.

Pertanyaan : Bedanya persaingan fungsional dan struktural..?

Jawab: Struktural- perangkat matematik. Fungsional- konten materi

Ex: analogi antara aliran listrik (Hk Kirchoff I) dgn aliran air.

Pertanyaan : Menurut anda, apa saja kekurangan dr model TWA..?

Jawab: Kekurangan TWA= harus paham betul materi rujukan (mengulang kembali) sehingga memakan waktu. Agar tidak terjadi miskonsepsi.

Pertanyaan : Seberapa efektivitas kira-kira metode tersebut untuk membelajarkan materi-materi kelas XII SMA, terutama dalam fisika modern! Bisakah metode tersebut dipakai?

Jawab: Sangat efektivitas – apalagi konsep fisika modern sifatnya masih sangat abstrak. Maka jika ada konsep rujukan yang mirip dan sifatnya lebih sederhana/lebih konkret daripada konsep target maka analogi bisa saja dilakukan.