

PENGAJARAN *FREE-BODY DIAGRAM* (FBD) DALAM MENYELESAIKAN MASALAH TAJUK DAYA TINGKATAN EMPAT

Noor Izyan Binti Salleh (izs_swit@yahoo.com)

Fatin Aliah Phang

Universiti Teknologi Malaysia

Abstrak: *Free-body Diagram (FBD)* merupakan gambar rajah perwakilan yang membantu pelajar menyelesaikan masalah tentang Daya. Kajian tindakan ini bertujuan meningkatkan keupayaan pelajar menyelesaikan masalah Daya di samping memperbaiki cara pengajaran guru melalui pengajaran FBD. Modul pengajaran FBD dihasilkan untuk membantu kelancaran proses pengajaran FBD. Kajian ini melibatkan 35 orang responden di SMK (P) Sultan Ibrahim, Johor Bahru. Alat kajian yang digunakan ialah Ujian Keupayaan Menyelesaikan Masalah Daya (UKMMD) yang merangkumi dua subtopik Fizik Tingkatan Empat iaitu “Kesan-kesan Daya” dan “Daya dalam Keseimbangan”. Ujian pra UKMMD bertujuan untuk mengetahui tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya pelajar sebelum diajar menggunakan modul pengajaran FBD. Ujian pasca pula untuk mengetahui tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya pelajar selepas pengajaran FBD serta hubungan pemahaman FBD dengan keupayaan menyelesaikan masalah Daya. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk mendapatkan peratusan, min purata, ujian-t dan nilai kolerasi Pearson ‘r’. Dapatan kajian mendapati tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya sebelum pengajaran FBD dan tahap pemahaman penggunaan FBD adalah pada tahap rendah manakala tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya selepas pengajaran FBD pada tahap sederhana. Analisis ujian-t menunjukkan perbezaan yang bererti bagi tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya sebelum dan selepas pengajaran FBD ($t = -9.433, p < .01$). Analisis korelasi menunjukkan hubungan yang sederhana ($r = 0.47, p < .01$) antara pemahaman penggunaan FBD dengan keupayaan menyelesaikan masalah Daya selepas pengajaran FBD. Dapatan kajian ini memberi implikasi bahawa pengajaran FBD dapat membantu meningkatkan keupayaan menyelesaikan masalah Daya.

Kata kunci: *Kajian tindakan, Daya, penyelesaian masalah, gambar rajah, modul pengajaran*

1.0 Pengenalan

Gambar rajah adalah perwakilan gambar yang sering digunakan oleh ahli Fizik dan jurutera untuk menganalisis daya yang bertindak pada sesebuah jasad. Pembinaan gambar rajah amat perlu dalam proses menyelesaikan masalah untuk membantu pelajar memahami konsep yang sangat abstrak kepada bentuk yang lebih konkrit dan jelas terutamanya dalam topik yang berkaitan dengan daya. Salah satu gambar rajah dikenali sebagai *Free-Body Diagram* (FBD) ataupun rajah jasad bebas.

“A free-body diagram (FBD) is one representation used by physicists while representing processes involving forces. Physics instructors teach students how to draw the diagrams and encourage student to use them in problem solving”

(Rosegrant *et al.*, 2004:177)

Dalam sukatan pelajaran Fizik tingkatan empat, topik “*Forces and Motion*” atau “Daya dan Gerakan” adalah topik yang kedua dalam tingkatan empat. Topik ini merupakan topik yang agak sukar untuk dikuasai oleh pelajar memandangkan topik ini mengandungi banyak subtopik iaitu sepuluh subtopik. (Pusat Perkembangan Kurikulum, 2005). Hal ini disokong oleh Lilia *et al.* (2002) yang menyatakan bahawa dalam bidang mekanik, miskonsepsi pelajar yang paling kerap dan kuat berlaku adalah dalam tajuk “Daya dan

Gerakan”. Pelajar juga dikatakan amat lemah dalam menghubungkan daya dengan gerakan sesuatu objek terutamanya bagi objek yang berada dalam keadaan rehat di mana pelajar menganggap bahawa tiada daya yang bertindak ke atasnya.

Sebagai seorang guru di sekolah, refleksi pengajaran sendiri telah dijalankan dengan memerhati dan menilai prestasi pelajar kelasnya dalam Peperiksaan Pertengahan Tahun Tingkatan 4 dalam mata pelajaran Fizik. Soalan-soalan tersebut hanyalah melibatkan dua topik awal Tingkatan Empat iaitu “*Introduction to Physics*” dan “*Forces and Motion*”. Namun begitu, berdasarkan analisis item yang telah dibuat mendapati bahawa topik yang paling lemah dalam kalangan pelajar adalah “*Forces in Equilibrium*” iaitu “Daya dalam Keseimbangan”.

Masalah utama pelajar dalam menyelesaikan masalah bagi tajuk Daya adalah kesilapan dalam membina rajah Daya (Heller *et al.*, 1992). Mereka gagal menentukan arah daya yang bertindak ke atas objek, magnitud relatif daya dan seterusnya arah pecutan objek. Masalah ini berkemungkinan berpunca daripada pengajaran guru yang kurang jelas dan konkrit. Pembinaan FBD yang tepat amat membantu pelajar daripada melakukan kesilapan-kesilapan tersebut. Justeru, sesi pengajaran FBD akan dijadikan sebagai rawatan dalam permasalahan ini. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk mengetahui keberkesanan FBD dalam meningkatkan keupayaan pelajar dalam menyelesaikan masalah Daya.

2.0 Metodologi

Reka bentuk kajian

Kajian yang dijalankan adalah berbentuk kajian tindakan amalan bagi memperbaiki pengajaran guru dan seterusnya pembelajaran pelajar dalam menyelesaikan masalah bagi tajuk Daya. Alat kajian yang digunakan iaitu Ujian Keupayaan Menyelesaikan Masalah Daya (UKMMD) untuk mendapatkan maklumat berkaitan dengan tahap keupayaan menyelesaikan masalah bagi tajuk Daya. Data yang diperoleh kemudiannya dianalisis menggunakan SPSS (*Statistical Package For Social Sciences*).

Prosedur Kajian

Dalam gelung kajian tindakan ini, terdapat empat langkah yang perlu dilakukan untuk mencapai objektif kajian yang diinginkan iaitu mereflek, merancang tindakan, pelaksanaan tindakan dan pemerhatian serta penilaian.

i) Mereflek

Sebahagian langkah mereflek telah dilakukan dengan menganalisis keputusan Peperiksaan Pertengahan Tahun Tingkatan Empat, Langkah mereflek seterusnya dijalankan dengan membuat tinjauan awal masalah melalui pemeriksaan latihan pelajar dan ujian bertulis pra UKMMD untuk mengetahui masalah sebenar yang dihadapi oleh pelajar dalam menyelesaikan masalah Daya. Latihan diberikan selepas tamatnya sesi pengajaran dan pembelajaran tajuk “Daya dalam Keseimbangan”. Latihan tersebut disemak pada sesi pengajaran dan pembelajaran yang seterusnya dalam minggu yang sama. Kemudian, para pelajar diberikan ujian bertulis pra UKMMD.

Justeru, kesemua aktiviti tinjauan awal masalah yang dijalankan dianalisis untuk mengetahui masalah sebenar pelajar. Pemeriksaan latihan dijalankan untuk mengetahui sama ada pelajar mengaplikasikan apa yang telah dipelajari dalam menyiapkan latihan yang diberi. Ujian pra UKMMD pula dianalisis untuk mengetahui tahap keupayaan pelajar dalam menyelesaikan masalah Daya.

ii) Merancang Tindakan

Langkah yang kedua dalam kajian tindakan ini ialah langkah merancang tindakan. Perancangan tindakan yang ditetapkan haruslah bertujuan membaiki pengajaran guru dalam tajuk “Daya dalam Keseimbangan” di samping meningkatkan keupayaan pelajar dalam menyelesaikan masalah Daya. Tindakan yang dijalankan ialah dengan mengadakan sesi pengajaran FBD kepada pelajar.

Pengajaran FBD ini dijalankan selang lima minggu selepas ujian pra UKMMD. Pengajaran FBD ini juga mengambil masa sebanyak lima waktu pembelajaran dan pengajaran (P&P) di mana dua waktu pertama P&P akan diajar FBD bagi tajuk “Kesan-kesan Daya”, dua waktu P&P seterusnya pula akan diajar penggunaan FBD dalam pengajaran tajuk “Daya dalam Keseimbangan” manakala selebihnya adalah perbincangan latihan. Jumlah masa yang digunakan untuk pengajaran FBD ini agak singkat kerana pelajar-pelajar ini dianggap mempunyai pengetahuan sedia ada tentang tajuk-tajuk tersebut sebelum diajar kaedah FBD. Hal ini disebabkan pelajar-pelajar ini telah diajar terlebih dahulu tentang tajuk “Kesan-kesan Daya” dan “Daya dalam Keseimbangan” tanpa menggunakan kaedah FBD.

Bahan-bahan bantu pengajaran yang digunakan sepanjang sesi pengajaran adalah *Microsoft Powerpoint* versi 2007, gambar dan modul pengajaran FBD. Terdapat dua edisi modul pengajaran FBD yang dihasilkan iaitu edisi pelajar dan juga edisi guru. Setiap pelajar diberikan modul pengajaran FBD edisi pelajar yang hendaklah dilengkapkan semasa proses pengajaran dan pembelajaran berlangsung manakala modul pengajaran FBD edisi guru adalah lengkap dengan semua jalan kerja penyelesaian masalah. Modul pengajaran ini memudahkan pelajar untuk memahami pengajaran yang diajar oleh guru dengan lebih jelas. Kedua-dua modul ini telah mengambil masa selama beberapa bulan untuk dihasilkan setelah dikenal pasti kaedah dan teknik yang sesuai untuk disampaikan kepada pelajar dan juga sebagai bahan bantu pengajaran guru. Modul ini juga telah beberapa kali dibaiki dan telah disemak oleh dua orang guru berpengalaman dalam mata pelajaran Fizik. Modul pengajaran yang dihasilkan ini adalah berdasarkan model reka bentuk pengajaran ASSURE.

Terdapat enam elemen yang digunakan untuk mereka bentuk sesuatu pengajaran berpandukan model ASSURE iaitu elemen menganalisis pelajar, menyatakan objektif, memilih kaedah, media dan bahan, menggunakan media dan bahan, memerlukan penglibatan pelajar dan melakukan penilaian dan pengubahsuaian. Seterusnya akan dibincangkan setiap elemen dengan lebih terperinci.

Elemen yang pertama adalah elemen menganalisis pelajar. Analisis yang telah dijalankan terhadap pelajar atau pengguna modul pengajaran FBD ini ialah daripada segi umur iaitu kesemuanya berumur sekitar 16 hingga 17 tahun. Pada peringkat umur sebegini, mereka gemar bahan pelajaran yang mudah difahami dan menarik. Daripada segi jantina pula adalah perempuan di mana pelajar perempuan kebanyakannya gemar modul yang tersusun dan kemas. Daripada segi tahap pencapaian pula, pelajar-pelajar ini merupakan pelajar

cemerlang PMR dan sudah tentu mereka lebih fokus dalam pelajaran dan berusaha memahami setiap pelajaran yang diberi. Justeru, modul yang dihasilkan perlulah menyeluruh dan mempunyai penerangan yang jelas.

Elemen seterusnya ialah elemen menyatakan objektif. Objektif yang dimaksudkan dalam model ASSURE ini ialah pernyataan objektif pembelajaran yang boleh diukur berdasarkan tingkah laku pelajar dan merangkumi tajuk dan topik yang akan disampaikan. Dalam modul pengajaran FBD ini, setiap subtopik baru telah dinyatakan objektif pembelajaran dan juga hasil pembelajaran di bahagian atas halaman tersebut untuk memudahkan pelajar mengetahui tujuan mereka mempelajari setiap subtopik. Selain itu, objektif pembelajaran ini juga membantu mereka untuk mengetahui sama ada mereka telah menguasai topik tersebut ataupun tidak. Objektif pembelajaran ini juga membantu guru memastikan kesemua bahagian pelajaran telah diajar kepada pelajar.

Seterusnya ialah elemen pemilihan kaedah, media dan bahan pengajaran. Pembinaan isi kandungan modul pengajaran FBD adalah merujuk kepada kaedah pengajaran FBD yang dibina oleh Van Heuvelen dan Etkina (2006) dalam bukunya yang bertajuk *Active Learning Guide* (edisi pelajar). Isi kandungan pelajaran yang disediakan adalah selaras dengan objektif pembelajaran yang telah ditetapkan. Strategi pengajaran yang digunakan pula adalah berdasarkan *Gagne Nine Events of Instruction*. Media pengajaran yang digunakan adalah *Microsoft Powerpoint* dan gambar. Kesemua media dan bahan pengajaran disesuaikan dengan strategi pengajaran yang telah dirancang dan digunakan dalam pelaksanaan P&P FBD.

Dalam pembinaan modul pengajaran FBD ini juga dititikberatkan penglibatan pelajar dalam pembelajaran. Justeru, modul pengajaran yang dibina adalah tidak lengkap iaitu terdapat ruang-ruang kosong yang memerlukan pelajar melengkapkannya ketika P&P FBD dijalankan. Selain itu, para pelajar diberi kebebasan untuk menyelesaikan masalah “Daya dalam Keseimbangan” sama ada menggunakan kaedah “*Triangle of Forces*” atau kaedah “*Resolution of Forces*”. Kedua-dua kaedah ini dapat digunakan setelah FBD dibina terlebih dahulu sebelum menyelesaikan sesuatu masalah berkaitan “Daya dalam Keseimbangan”.

Elemen yang terakhir dalam model ASSURE ialah melakukan penilaian dan pengubahsuaian. Penilaian modul pengajaran FBD ini telah dijalankan oleh dua orang guru berpengalaman dalam mata pelajaran Fizik daripada segi pencapaian objektif, kesan bahan pengajaran terhadap pembelajaran dan maklum balas tentang penggunaan bahan pengajaran. Pengubahsuaian isi kandungan modul juga telah dilakukan setelah berbincang dengan guru-guru tersebut.

iii) Melaksanakan Tindakan

Setelah perancangan tindakan telah dibuat, langkah pelaksanaan tindakan pula dijalankan. Proses pengajaran FBD yang dirancang, dilaksanakan mengikut rancangan pengajaran yang telah dibuat. Tiga sesi pengajaran iaitu lima waktu P&P (185 minit) telah digunakan untuk mengajar FBD. Pengajaran FBD ini mengambil masa sebanyak lima waktu P&P. Sesi P&P yang pertama telah dijalankan pada 3 Oktober 2011, sesi P&P yang kedua pula pada 6 Oktober 2011 dan sesi P&P yang terakhir adalah pada 7 Oktober 2011. Ketiga-tiga sesi P&P ini dijalankan di Makmal Fizik sekolah tersebut. Bahan bantu pengajaran utama yang digunakan adalah modul pengajaran FBD dan juga *Microsoft Powerpoint* versi 2007

(Lampiran D). *Powerpoint* ini digunakan untuk memudahkan pelajar memahami teknik pembinaan FBD dengan lebih jelas di samping menarik minat mereka untuk mempelajari apa yang diajar oleh guru.

Pelaksanaan Sesi P&P FBD yang Pertama

Sesi pengajaran FBD yang pertama telah dijalankan pada hari Isnin, 3 Oktober 2011 di Makmal Fizik 1, SMK (P) Sultan Ibrahim. P&P ini bermula pada pukul 8.10 pagi seperti dirancang dalam Rancangan Pengajaran dalam Lampiran A. Selepas ucapan selamat dan bacaan doa, setiap pelajar diberikan modul pengajaran FBD dan plastisin bagi setiap kumpulan. Dengan menggunakan paparan slaid di skrin, para pelajar diminta untuk menekan plastisin dan memerhatikan apa yang berlaku terhadap bentuk plastisin. Mereka kemudiannya ditanya kenapa plastisin berubah bentuk dan mereka dengan yakin menjawab "*Force*" iaitu Daya. Selain daripada cadangan di atas, guru juga boleh menggunakan set induksi lain. Setelah itu, guru menerangkan bahawa mereka akan mempelajari tajuk "*Effects of A Force*" dan memberitahu objektif pembelajaran yang perlu dicapai dalam topik tersebut.

Dalam kajian ini, tajuk Daya telah pelajar pelajari sebulan sebelum P&P FBD ini dijalankan. Mereka kemudiannya diingatkan kembali tentang maksud dan unit Daya dan seterusnya diminta untuk melengkapkan pengertian Daya dalam modul pengajaran FBD. Selanjutnya para pelajar diingatkan kembali bahawa daya terbahagi kepada "*Balanced Forces*" dan "*Unbalanced Forces*", arah Daya bertindak, "*Net Force*" atau "Daya Bersih" dan seterusnya mempelajari tentang Hukum Newton Kedua. Para pelajar diberi masa untuk melengkapkan modul pengajaran FBD dengan merujuk kepada paparan slaid yang telah dijelaskan oleh guru. Seterusnya, pelajar diterangkan strategi menyelesaikan masalah seperti yang dipaparkan dalam slaid (rujuk Lampiran D, slaid 17).

Para pelajar kemudiannya diberikan satu contoh gambar yang berkaitan tentang masalah Daya yang terdapat dalam modul pengajaran FBD untuk diselesaikan. Strategi penyelesaian masalah yang dicadangkan oleh Van Heuvelen dan Etkina (2006) (rujuk Lampiran B) telah dijadikan kepada empat langkah ringkas untuk memudahkan pelajar memahami cara menyelesaikan masalah dengan lebih teratur iaitu "*Word Description*", "*Sketch the System*", "*Free-body Diagram*" dan "*Newton's Second Law*". Keempat-empat langkah ini dijadikan dalam bentuk jadual (rujuk Lampiran B). Dengan menggunakan strategi menyelesaikan masalah tersebut, guru menerangkan satu per satu cara membina FBD iaitu dalam langkah penyelesaian yang ketiga seperti yang terdapat dalam paparan slaid *Powerpoint* ke-18 hingga slaid 19 (rujuk Lampiran D) atau merujuk Lampiran B. Daripada rajah FBD yang dibina, para pelajar hendaklah mengetahui sama ada daya yang bertindak ke atas sesuatu objek itu seimbang ataupun tidak. Sekiranya tidak seimbang, arah pecutan objek dan arah daya bersih yang bertindak ke atas objek perlulah dikenalpasti. Nilai pecutan dapat dikira sekiranya arah pecutan objek adalah sama dengan arah daya bersih. Setelah itu, barulah para pelajar boleh menyelesaikan masalah dengan menggunakan persamaan Hukum Newton Kedua.

Guru kemudiannya menerangkan satu per satu cara penyelesaian masalah bagi dua contoh situasi seperti yang terdapat dalam modul pengajaran. Kemudian, para pelajar diminta untuk menyelesaikan sendiri masalah yang berikutnya iaitu "Takar" dan "Kereta yang sedang bergerak" (Lampiran B). Mereka hendaklah diberi masa untuk memahami soalan, membina FBD dan juga menggunakan persamaan Hukum Newton Kedua untuk mendapatkan

penyelesaian masalah yang diberikan. Kemudian, setiap kumpulan diminta menghantar wakil untuk menulis jawapannya di hadapan kelas dan guru membincangkan jawapan yang betul.

Contoh masalah yang lebih sukar pula diberikan kepada pelajar (rujuk Lampiran B). Bagi masalah yang lebih kompleks seperti ini, perlu penerangan yang lebih jelas oleh guru. Seperti biasa, para pelajar perlu mengetahui sama ada objek dalam masalah itu berada dalam keseimbangan atau tidak dengan merujuk kepada *Word Description* pada kolom yang pertama. *Word description* ini adalah merupakan ayat soalan dalam peperiksaan sebenar. Untuk mendapatkan nilai pecutan sistem, pelajar perlu mengenal pasti daya yang bertindak ke atas keseluruhan sistem dan seterusnya membina FBD. Daya geseran bagi kedua-dua objek trak dan treler juga perlu diambil kira. Dalam contoh ini, arah daya bersih dan arah pecutan adalah sama iaitu pada paksi-x. Maka, pelajar dapat mendapatkan nilai pecutan dengan menggunakan persamaan $F=ma$ dengan “ F ” adalah nilai daya bersih, “ m ” adalah berat keseluruhan sistem (iaitu jumlah berat trak dan treler). “ a_x ” pula adalah pecutan sistem pada paksi-x.

Seterusnya pula, pelajar perlu mendapatkan nilai daya “*Tension*” yang wujud pada plat penyambung antara trak dan treler. Terdapat dua cara menyelesaikan masalah ini iaitu dengan mengambil kira daya yang bertindak ke atas trak atau daya yang bertindak ke atas treler sahaja. Setiap objek yang diigini akan dibulatkan dan ditentukan daya yang bertindak. Kemudian, FBD dibina untuk membantu mendapatkan arah daya bersih dan seterusnya menyelesaikan masalah tersebut. Nilai pecutan sistem yang telah diperolehi sebelum ini digunakan untuk mendapatkan nilai “*Tension*”. Kedua-dua cara penyelesaian akan mendapat nilai “*Tension*” yang sama.

Contoh masalah seterusnya adalah masalah “Sistem Takal” yang melibatkan dua pemberat. Para pelajar diminta menyelesaikan masalah itu sendiri kerana cara menyelesaikannya hampir sama dengan masalah sebelum ini. Sekiranya soalan meminta mendapatkan nilai pecutan, maka keseluruhan objek dalam soalan tersebut akan dianggap sebagai satu sistem. Sekiranya pelajar salah dalam menentukan daya keseluruhan sistem, sudah tentu jawapan yang diperolehi adalah tidak tepat. Untuk mendapatkan nilai “*Tension*” bagi tali takal, pelajar perlulah memilih salah satu pemberat dan dikenalpasti daya yang bertindak. FBD kemudiannya dibina dengan daya yang lebih besar adalah lebih panjang dan sebaliknya. Selain itu, arah daya bersih dan arah pecutan perlulah sama. Untuk mendapatkan nilai daya bersih, daya yang lebih besar akan menolak daya yang lebih kecil.

Soalan “Sistem Takal” yang seterusnya dijadikan sebagai latihan kerja rumah untuk diselesaikan secara individu. Sebelum menamatkan P&P, pelajar ditanya tentang strategi penyelesaian masalah dan cara membina FBD secara lisan. P&P FBD yang pertama ini tamat pada pukul 9.30 pagi.

Pelaksanaan Sesi P&P FBD yang Kedua

Sesi pengajaran FBD yang kedua pula telah dijalankan pada hari Rabu, 6 Oktober 2011 di Makmal Fizik 1, SMK (P) Sultan Ibrahim. P&P ini bermula pada pukul 12.40 tengah hari seperti dirancang dalam Rancangan Pengajaran dalam Lampiran A. Pada awal P&P bermula, pelajar dipaparkan dengan gambar bagi pelbagai situasi. Mereka kemudiannya ditanya sama ada daya yang bertindak ke atas situasi tersebut adalah seimbang ataupun tidak. Setelah mereka memberikan jawapan yang tepat, barulah pelajar diberitahu topik yang akan

dipelajari iaitu “*Forces in Equilibrium*” dan dipaparkan objektif pembelajaran yang perlu dicapai.

Sebagai pengulangan pembelajaran yang lalu, pelajar ditanya sama ada terdapat daya bersih bagi objek yang mempunyai daya seimbang dan sebaliknya. Seterusnya, pelajar diterangkan definisi dan cara mendapatkan “*Resultant Force*” ataupun “Daya Paduan” seperti dalam Lampiran B, halaman 10. Pelajar diajar satu per satu cara mendapatkan daya paduan bagi dua daya yang bertindak pada suatu sudut iaitu menggunakan cara “*Parallelogram*” atau “*Triangle of Forces*”.

Seterusnya para pelajar dipaparkan dengan satu contoh masalah dalam bentuk gambar rajah. Berdasarkan gambar rajah tersebut, mereka ditanya cara mendapatkan daya paduan sekiranya arah daya yang diberikan tidak sama dengan arah pecutan objek tersebut. Guru menyatakan bahawa daya paduan boleh diperoleh dengan menggunakan kaedah leraian daya menggunakan *Phytagoras Theorem* yang telah dipelajari dalam Matematik Tingkatan 2. Mereka harus tahu cara mendapatkan nilai daya komponen-x dan daya komponen-y dengan menggunakan *Phytagoras Theorem*. Pelajar kemudiannya diberikan contoh soalan untuk diselesaikan. Mereka perlu membina FBD dan menyelesaikan menggunakan persamaan Hukum Newton Kedua.

Setelah pelajar memahami tentang leraian daya, barulah diikuti dengan pembelajaran tentang “Keseimbangan” atau “*Equilibrium*”. Pelajar diingatkan bahawa apabila sesuatu jasad berada dalam keseimbangan, daya paduannya adalah sifar. Justeru, pelajar perlu tahu bahawa setiap daya yang bertindak ke atas sesuatu jasad yang berada dalam keseimbangan pasti wujud daya yang bertindak bertentangan arah dengan daya tersebut dan mempunyai nilai yang sama. Pernyataan ini merupakan Hukum Newton Ketiga. Dengan itu, ketika menyelesaikan masalah bagi “Daya dalam Keseimbangan”, FBD yang dibina perlulah lengkap dengan daya yang bertindak ke atas sesuatu jasad beserta daya yang bertentangan arah dengan daya tersebut. Sebagai contoh, daya “*Normal Reaction*” bagi sesuatu jasad yang berada dalam keseimbangan mempunyai daya yang bertentangan dengannya iaitu “*Weight*”. Nilai bagi kedua-dua daya ini adalah sama. Maka, daya paduannya adalah sifar. Namun berbeza pula sekiranya objek tersebut berada pada satah yang condong di mana nilai “*Weight*” perlulah dileraikan untuk mendapatkan nilai “*Normal Reaction*” dengan menggunakan *Phytagoras Theorem*. Contoh soalan yang telah diberikan perlulah diselesaikan untuk memastikan para pelajar benar-benar faham akan cara menyelesaikan masalah “Dua Daya dalam Keseimbangan”.

Seterusnya, pelajar mempelajari menyelesaikan masalah yang melibatkan tiga daya yang berada dalam keseimbangan. Sebelum itu, guru memaparkan contoh masalah dalam bentuk gambar rajah dan bertanyakan kepada pelajar cara untuk menyelesaikan masalah tersebut. Seperti biasa, mereka perlu membina FBD terlebih dahulu untuk mengenalpasti daya-daya yang bertindak ke atas objek dengan lebih jelas. Setelah FBD siap dibina, para pelajar diberi kebebasan untuk menyelesaikan masalah tersebut sama ada menggunakan cara “*Triangle of Forces*” atau “Leraian Daya”. Guru hendaklah membantu pelajar menyelesaikan masalah tersebut dengan menggunakan kedua-dua cara.

Sebelum tamat sesi P&P FBD yang kedua ini, guru telah memberikan latihan “Tiga Daya dalam Keseimbangan” sebagai kerja rumah. Pelajar diberi kebebasan untuk menyelesaikan masalah menggunakan cara “*Triangle of Forces*” atau “Leraian Daya”.

Sebagai penutup, pelajar diminta memberikan definisi “Daya Paduan”, “Keseimbangan” serta ciri-ciri jasad yang berada dalam keseimbangan. P&P tamat pada pukul 1.50 petang.

Pelaksanaan Sesi P&P FBD yang Ketiga

Sesi pengajaran FBD yang ketiga telah dijalankan pada hari Khamis, 7 Oktober 2011 di Makmal Fizik 1, SMK (P) Sultan Ibrahim. P&P ini bermula pada pukul 10.20 pagi seperti dirancang dalam Rancangan Pengajaran dalam Lampiran A. P&P FBD yang terakhir ini mengambil masa selama 35 minit sahaja di mana guru membincangkan kesemua latihan yang telah diberikan. Hal ini bagi memastikan pelajar benar-benar faham akan penggunaan FBD dalam penyelesaian masalah. Selain itu, ia untuk membolehkan para pelajar bertanya sekiranya terdapat masalah terutamanya pengiraan menggunakan leraian daya. Hal ini disebabkan mereka kurang mahir mengira masalah yang berkaitan dengan sudut. P&P tamat pada pukul 10.55 pagi.

iv) Memerhati

Setelah tamat sesi pengajaran FBD, para pelajar diberikan ujian pasca UKMMD. Ujian ini dijalankan selang beberapa minggu selepas ujian pra UKMMD agar pelajar tidak mengingati soalan ujian tersebut yang telah diberikan sebelum pengajaran FBD. Hal ini disebabkan soalan ujian pra UKMMD adalah hampir sama dengan ujian pasca UKMMD.

Para pelajar telah diberikan ujian pasca UKMMD pada 10 Oktober 2011 iaitu selepas enam minggu diberikan ujian pra UKMMD. Ujian pasca UKMMD ini bertujuan untuk menentukan tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya selepas pengajaran FBD dijalankan. Cara menganalisis ujian pasca UKMMD adalah sama dengan analisis data ujian pra UKMMD iaitu setiap pelajar ditentukan tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya masing-masing dengan mendapatkan jumlah bilangan item jawapan yang betul dan seterusnya dijadikan dalam bentuk peratus. Markah penuh ujian pasca UKMMD ini juga ialah 40 markah dan kemudiannya dijadikan dalam peratus seperti dalam Jadual 1.

Jadual 1: Tahap Keupayaan Menyelesaikan Masalah Daya

Tahap keupayaan	Tinggi	Sederhana	Rendah
Bilangan item betul	28-40	16-27	0-15
Julat markah (%)	70-100	40-69	0-39

Selain itu, ujian pasca UKMMD ini juga digunakan untuk menentukan tahap pemahaman pelajar tentang penggunaan FBD ketika menyelesaikan masalah tajuk Daya. Tahap pemahaman penggunaan FBD ini diperoleh dengan menganalisis rajah FBD yang dibina oleh pelajar ketika menyelesaikan masalah Daya dalam ujian pasca UKMMD. Pemarkahan pemahaman penggunaan FBD adalah seperti yang telah ditetapkan dalam skema pemarkahan FBD yang dibina berdasarkan rubrik pemarkahan FBD seperti dalam Jadual 2

Jadual 2: Rubrik Pemarkahan FBD (Rosegrant, 2007)

0 Tiada Evidens	1 Tidak Lengkap	2 Perlu Pembaikan	3 Lengkap
Tiada gambar rajah dibina	FBD dibina tetapi mengandungi banyak kesalahan besar seperti: i) kekurangan daya ii) terlebih daya iii) arah daya yang salah	FBD tidak mengandungi kesalahan tetapi ada kekurangan seperti: i) daya tidak dilabel/ salah label ii) panjang daya yang salah	Gambar rajah tidak mengandungi kesalahan dan daya dilabel dengan tepat dan jelas

Dapatan kajian ini dihuraikan bagi item soalan dengan memberi jumlah peratusan. Untuk mengetahui keberkesanan pengajaran FBD dijalankan, ujian pra dan ujian pasca UKMMD dinilai dengan menggunakan ujian-t pengukuran berulang. Hubungan keupayaan menyelesaikan masalah daya dengan pemahaman FBD pula dikenal pasti melalui ujian kolerasi Pearson 'r'. Jumlah markah yang diperoleh dalam kedua-dua bahagian akan dijadikan dalam bentuk peratus. Seterusnya, nilai Pearson 'r' ditentukan untuk mendapatkan perhubungan antara kedua-dua pemboleh ubah. Jadual 3 menunjukkan maksud bagi nilai kolerasi Pearson 'r' yang akan diperoleh.

Jadual 3 : Pengelasan Ukuran Korelasi

Nilai	Keterangan
0.00 - 0.20	Perkaitan lemah
0.20 - 0.40	Perkaitan rendah
0.41 - 0.70	Perkaitan sederhana kuat
0.71 - 0.90	Perkaitan yang kuat
0.91 - 1.00	Perkaitan sangat kuat

Setelah mendapat hubungan antara pemahaman FBD dengan keupayaan menyelesaikan masalah Daya pelajar, modul pengajaran yang telah dibina dibaiki dan diubahsuai sekiranya perlu. Sekiranya pengajaran FBD ini berjaya membantu dalam meningkatkan keupayaan menyelesaikan masalah Daya pelajar, modul pengajaran ini akan dijadikan sebagai bahan bantu pengajaran di sekolah.

Tempat Kajian

Kajian ini dijalankan di Sekolah Menengah Kebangsaan (P) Sultan Ibrahim, Johor Bahru. Kajian ini dijalankan di sekolah ini kerana penyelidik bertugas sebagai guru fizik di sekolah tersebut.

Sampel Kajian

Sampel dalam kajian tindakan ini adalah terdiri daripada pelajar yang diajar oleh guru itu sendiri. Kumpulan sasaran ini terdiri daripada 35 orang pelajar Tingkatan Empat yang

mengambil jurusan Sains Tulen. Kelas yang dipilih adalah kelas 4 Sains 2. Kebanyakan pelajar ini adalah pelajar cemerlang Peperiksaan Menengah Rendah (PMR).

3.0 Dapatan Kajian dan Perbincangan

Analisis Perbezaan Ujian Pra UKMMD dan Ujian Pasca UKMMD

Seperti yang telah dibincangkan sebelum ini, pengajaran FBD merupakan tindakan yang dijalankan untuk membantu meningkatkan keupayaan pelajar menyelesaikan masalah Daya. Ujian-t digunakan untuk mengenal pasti sama ada wujudnya perbezaan yang bererti dalam tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya selepas pengajaran FBD. Keputusan ujian pra UKMMD dibandingkan dengan keputusan ujian pasca UKMMD dengan menggunakan analisis ujian-t pengukuran berulang. Jadual 4 menunjukkan analisis ujian-t antara ujian pra dengan ujian pasca UKMMD.

Jadual 4: Ujian-t antara Ujian Pra UKMMD dengan Ujian Pasca UKMMD

UKMMD	N	Min	Sisihan Piawai	Darjah kebebasan	t	Signifikan, p
Ujian pra	35	17.91	9.700	34	-9.433	.000
Ujian pasca	35	42.91	19.250			

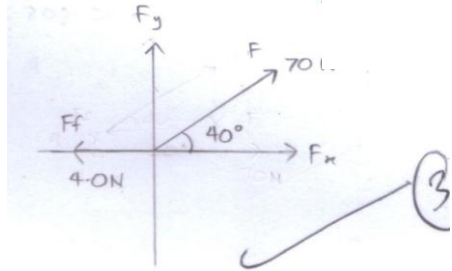
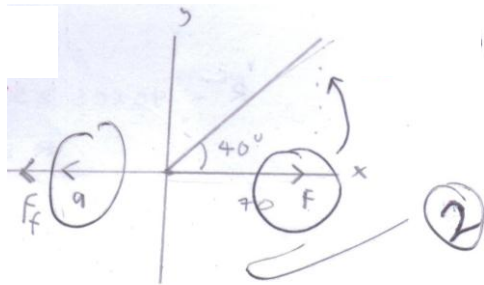
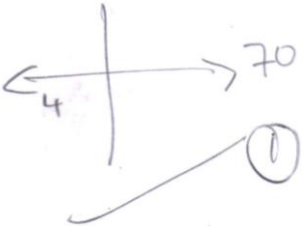
Berdasarkan Jadual 4, keputusan kajian adalah signifikan ($t = -9.433$, $df = 34$, $p < .01$). Hal ini menunjukkan terdapat perbezaan yang bererti antara tahap pencapaian ujian pra UKMMD dengan ujian pasca UKMMD. Nilai skor min yang lebih tinggi dalam ujian pasca menunjukkan pengajaran FBD dapat membantu meningkatkan keupayaan pelajar menyelesaikan masalah Daya. Perkara ini juga menyokong kajian yang telah dijalankan oleh Rosegrant (2007) yang menyatakan bahawa sekiranya pelajar tahu menggunakan FBD, mereka akan dapat menyelesaikan masalah dengan baik. Selain itu, modul pengajaran FBD yang dibina adalah berdasarkan cadangan Van Heuvelen dan Etkina (2006) di mana pembinaan FBD adalah salah satu langkah utama dalam strategi menyelesaikan masalah.

Tahap Pemahaman Penggunaan FBD

Tahap pemahaman penggunaan FBD pula diperoleh dengan menganalisis rajah FBD yang dibina oleh pelajar ketika menyelesaikan masalah Daya dalam ujian pasca UKMMD. Pemarkahan pemahaman penggunaan FBD adalah seperti yang telah ditetapkan dalam skema pemarkahan FBD dalam Lampiran H.

Dengan merujuk kepada Jadual 5, dapat diperhatikan beberapa contoh jawapan pelajar yang mendapat markah yang berbeza dalam membina FBD ketika menyelesaikan masalah dalam soalan dua ujian pasca UKMMD. Jadual 6 pula menunjukkan analisis tahap pemahaman penggunaan FBD.

Jadual 5: Pemarkahan Jawapan Pelajar

Markah	Penerangan	Contoh Jawapan Pelajar
3 Lengkap	Gambar rajah tidak mengandungi kesalahan dan daya dilabel dengan tepat dan jelas	
2 Perlu Pembaikan	FBD tidak mengandungi kesalahan tetapi ada kekurangan seperti: i) daya tidak dilabel/ salah label ii) panjang daya yang salah	
1 Tidak Lengkap	FBD dibina tetapi mengandungi banyak kesalahan besar seperti: i) kekurangan daya ii) terlebih daya iii) arah daya yang salah	
0 Tiada Evidens	Tiada gambar rajah dibina	

Jadual 6: Analisis Tahap Pemahaman Penggunaan FBD

Bil. Pelajar, N	Sisihan Piawai	Min,
35	10.92	22.17

Daripada Jadual 6, didapati sisihan piawai bagi tahap pemahaman penggunaan FBD bagi 35 orang pelajar ialah 10.92 manakala min skor pula adalah 22.17. Nilai min skor ini diperolehi daripada jumlah markah FBD yang dibina dan dijadikan dalam bentuk peratus. Markah penuh tahap pemahaman penggunaan FBD ini ialah 24 markah dan kemudiannya dijadikan dalam peratus. Dapatan analisis tentang tahap pemahaman penggunaan FBD didapati pada tahap yang rendah. Hal ini bermakna para pelajar masih kurang mahir dalam membina rajah FBD yang tepat. Mereka didapati membuat banyak kesalahan dalam rajah

FBD terutamanya daripada segi panjang daya, label daya dan ada juga membina daya pada arah yang salah.

Kesalahan-kesalahan tersebut mungkin disebabkan para pelajar tidak menerima latihan secukupnya untuk mempraktikkan kaedah FBD dalam menyelesaikan masalah Daya. Hal ini disebabkan terdapat pelbagai bentuk masalah berkaitan Daya dan kesemua bentuk masalah tersebut telah cuba dimasukkan dalam modul pengajaran FBD. Namun begitu, disebabkan kekangan masa, latihan penyelesaian masalah Daya dengan menggunakan kaedah FBD kurang diberikan kepada pelajar.

Hubungan antara Pemahaman Penggunaan FBD dengan Keupayaan Menyelesaikan Masalah Daya

Hubungan antara tahap pemahaman penggunaan FBD dengan tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya selepas pengajaran FBD dikenal pasti untuk mengetahui sama ada penggunaan kaedah FBD dalam menyelesaikan masalah Daya membantu dalam meningkatkan keupayaan pelajar dalam menyelesaikan masalah. Kedua-dua data diperoleh melalui ujian pasca UKMMD. Hubungan antara kedua-dua pemboleh ubah ini ditentukan dengan menganalisis kedua-dua data dengan menggunakan analisis kolerasi Pearson 'r'.

Jadual 7: Hubungan antara Pemahaman Penggunaan FBD dengan Ujian Pasca UKMMD

Pemboleh ubah	N	r	Sig.
Pemahaman Penggunaan FBD	35	.470	.004
Ujian Pasca UKMMD	35		

Analisis kolerasi Pearson menunjukkan nilai koefisien .470 di mana terdapat hubungan positif yang sederhana kuat antara pemahaman penggunaan FBD dengan tahap keupayaan menyelesaikan masalah Daya selepas pengajaran FBD. Pertalian ini signifikan pada aras bererti $p < .01$. Hal ini bermakna semakin tinggi pemahaman penggunaan FBD semakin tinggi keupayaan menyelesaikan masalah Daya. Hal ini juga menunjukkan para pelajar menggunakan kaedah FBD dalam menyelesaikan masalah dalam ujian pasca UKMMD. Namun begitu, hubungan yang diperoleh adalah sederhana sahaja kerana walaupun pelajar membina FBD dengan tepat, tetapi ada antara mereka yang cuai ketika mengira jawapan. Ada antara mereka yang salah memasukkan nilai dalam persamaan Hukum Newton Kedua dan ada juga yang tidak meletakkan unit pada jawapan akhir yang diperoleh. Perkara ini menyebabkan jawapan yang pelajar peroleh adalah tidak tepat walaupun rajah FBD yang dibina adalah tepat.

Dalam sesi pengajaran FBD yang pertama dan kedua, kaedah FBD digunakan ketika pelajar menyelesaikan masalah. Seperti yang telah dibincangkan dalam sesi pengajaran FBD yang pertama, pelajar menyelesaikan masalah menggunakan strategi penyelesaian masalah yang dicadangkan oleh Van Heuvelen dan Etkina (2006). Terdapat empat langkah strategi penyelesaian masalah iaitu "*Word Description*", "*Sketch the System*", "*Free-body Diagram*" dan "*Newton's Second Law*". FBD akan dibina pada langkah penyelesaian masalah yang ketiga. Dengan merujuk rajah FBD yang dibina, pelajar dapat menyelesaikan masalah dengan menggunakan persamaan Hukum Newton Kedua iaitu $F=ma$ di mana arah pecutan sistem hendaklah dipastikan sama dengan arah "daya bersih". Kesilapan dari segi pembinaan arah

daya dalam rajah FBD akan menyebabkan pelajar tidak dapat menyelesaikan masalah dengan tepat.

Penekanan tentang cara pembinaan FBD dalam sesi pengajaran yang pertama amat membantu guru dalam menerangkan cara menggunakan FBD untuk menyelesaikan masalah “*Forces in Equilibrium*” iaitu dalam sesi pengajaran FBD yang kedua pula. Hal ini disebabkan masalah yang berkaitan dengan “Daya dalam Keseimbangan” adalah lebih sukar dan kompleks berbanding dalam tajuk sebelumnya. Pembinaan FBD yang tepat amat membantu pelajar dalam menyelesaikan masalah Daya.

Refleksi Proses Pengajaran dan Pembelajaran Secara Keseluruhan

Setelah ketiga-ketiga P&P FBD dijalankan, guru telah memerhatikan penerimaan pelajar tentang kaedah FBD ini. Ketika P&P yang pertama dijalankan, ada pelajar yang menyatakan “Wah, *bestla* cikgu tajuk ni, baru senang nak faham..dulu, tak faham apa pun..”. Ada juga yang menyatakan “Cikgu, belajar Fizik ni kena lukis-lukis kan baru faham..”. Namun begitu, pada sesi P&P FBD yang kedua, para pelajar dilihat agak tertekan kerana mereka agak sukar membayangkan daya yang bertindak ke atas sesuatu jasad yang berkeadaan seimbang terutama sekali bagi jasad yang berada pada satah condong. Justeru, guru terpaksa menerangkan berulang kali bahagian ini dan mengambil masa yang agak lama untuk memastikan mereka faham dan tidak berlaku miskonsepsi. Walaubagaimanapun, mereka masih dapat membina FBD dengan tepat.

Selain itu, beberapa orang pelajar yang lemah dalam Matematik memerlukan penerangan satu per satu untuk mendapatkan nilai leraian daya menggunakan kaedah *Phytagoras Theorem*. Hal ini disebabkan, mereka tidak pandai mengaplikasikan kaedah *Phytagoras Theorem* dalam menyelesaikan masalah apabila daya yang bertindak berubah arah, di mana mereka tidak dapat mengagak nilai sudut yang sepatutnya. Namun, pelajar dapat mengatasi masalah ini sekiranya mereka membuat latihan Matematik yang mencukupi.

Daripada pemerhatian dalam ujian pasca UKMMD pula, didapati para pelajar berusaha untuk membina rajah atau FBD untuk membantu menyelesaikan masalah. Namun, disebabkan kemahiran Matematik yang lemah, mereka masih tidak dapat menjawab dengan tepat. Ramai pelajar yang cuai ketika memasukkan nilai dalam jalan kerja penyelesaian masalah yang telah dibuat. Ada juga yang terlupa untuk mendarabkan nilai ‘*m*’ dengan nilai ‘*g*’ bagi mendapatkan nilai “*Weight*”. Perkara sebegini seeloknya tidak berlaku untuk membolehkan mereka mendapat jawapan yang tepat sedangkan FBD yang dibina dan jalan kerja penyelesaian sudah tepat.

Secara keseluruhannya diperhatikan pelajar lebih faham tentang tajuk Daya ini sekiranya FBD dibina. Reaksi pelajar juga menunjukkan mereka gemar menggunakan modul pengajaran FBD yang diberikan kerana lebih mudah dan terperinci.

4.0 Kesimpulan

Dapatan kajian tindakan ini menunjukkan bahawa pengajaran FBD berjaya membantu meningkatkan keupayaan pelajar dalam menyelesaikan masalah tajuk Daya. Melalui kajian ini juga, guru-guru Fizik akan sedar bahawa tajuk “Daya dan Gerakan” bukanlah tajuk yang mudah untuk pelajar faham dengan jelas. Hal ini disebabkan konsep yang diajar dalam tajuk ini adalah sangat abstrak dan jauh lebih mendalam daripada subjek Sains menengah rendah.

Mungkin pada pandangan guru pelajar kelihatan faham dengan pelajaran yang diajar. Namun, hasil kajian mendapati tahap pencapaian subjek Fizik terutamanya tajuk Daya masih rendah. Justeru, diharapkan guru-guru lebih bersedia untuk mengajar tajuk ini dan menggunakan bahan pengajaran yang telah dihasilkan untuk memudahkan proses P&P berjalan dengan lancar. Selain itu juga, para guru dapat membaiki pengajaran untuk tajuk Daya dengan mempraktikkan kaedah pengajaran FBD dalam pengajaran mereka. Dengan modul pengajaran, slaid *Powerpoint*, dan 3 rancangan pengajaran yang telah disediakan diharapkan dapat membantu para guru memahami kaedah FBD ini dan seterusnya dapat diajarkan kepada pelajar dengan baik.

Melalui kajian tindakan, para guru dapat membaiki kelemahan pengajaran di samping meningkatkan tahap pencapaian pelajar. Justeru, diharapkan lebih ramai lagi warga pendidik yang berusaha membaiki kelemahan pengajaran mereka serta meningkatkan proses pengajaran dan pembelajaran di sekolah. Selain itu, diharapkan budaya penyelidikan dalam kalangan guru dapat ditingkatkan dan secara tidak langsung dapat membantu meningkatkan tahap profesionalisme guru.

Rujukan

- Badariah Hamzah, Cham, Y., Chang, S. L., Koay, K. C. dan Yew, K. L. (2005). *Physics Form 4*. Batu Pahat: Penerbitan Zeti Enterprise
- Bahagian Pendidikan Teknik dan Vokasional (2010). *Analisis Keputusan SPM Sekolah Menengah Teknik dan Sekolah Menengah Vokasional*. Kuala Lumpur: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan (2008). *Buku Manual Kajian Tindakan Edisi Ketiga*. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Baharuddin Aris, Rio Sumarni Shariffudin dan Manimegalai Subramaniam (2002). *Rekabentuk Perisian Multimedia*. Skudai: Penerbit UTM.
- Chua, Y. P. (2006). *Kaedah dan Statistik Penyelidikan Asas Statistik Penyelidikan Buku 2*. Malaysia: McGraw-Hill (Malaysia) Sdn. Bhd.
- Creswell, J. W. (2008). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. (2nded). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Jamaluddin Harun, Baharuddin Aris dan Zaidatun Tasir (2001). *Pembangunan Perisian Multimedia Satu Pendekatan Sistemik*. Kuala Lumpur: Venton Publishing
- Kemmis, S. dan McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*. Geelong, Victoria, Australia: Deakin University Press.
- Kohl, P. B. (2007). *Towards An Understanding Of How Students Use Representations In Physics Problem Solving*. Doctor of Philosophy, University of Colarado.

- Lembaga Peperiksaan Malaysia (2010a). *Analisis Mata Pelajaran dan Gred Purata (GPMP) Peringkat Nasional (Calon Sekolah Bantuan Kerajaan) SPM 2009*. Kuala Lumpur: Kementerian Pelajaran Malaysia
- Lembaga Peperiksaan Malaysia (2010b). *Kertas Soalan Peperiksaan Tahun-Tahun Lepas 2005-2009 SPM Physics*. Petaling Jaya: Kementerian Pelajaran Malaysia dan Sasbadi Sdn. Bhd.
- Lilia Halim, T.Subahan M. Meerah dan Zolkepli Haron (2002). *Strategi Pengajaran FIZIK Untuk Guru Sains*. Kuala Lumpur: Prentice Hall.
- Lim, P. C. dan Lim, C. C. (2007). *Total Pro SPM Physics*. Petaling Jaya: Sasbadi Sdn Bhd.
- Loucks, S. E. (2007). *Introductory Physics with Algebra: Mastering Problem-solving*. John-US: Wiley & Sons.
- Pusat Perkembangan Kurikulum (2002). *Huraian Sukatan Pelajaran Fizik Tingkatan Empat*. Kuala Lumpur: Kementerian Pendidikan Malaysia
- Rosegrant, D. R., Van Heuvelen, A. dan Etkina, E. (2004). Free Body Diagrams: Necessary or Sufficient? *2004 Physics Education Research Conference*. 4-5 August. Sacramento, California, 177-180.
- Rosegrant, D. R. (2007). *Multiple Representations and Free-Body Diagrams: Do Students Benefit From Using Them?* Doctor of Education, New Brunswick, New Jersey.
- Rosegrant, D. R., Van Heuvelen, A. dan Etkina, E. (2009). Do Students Use and Understand Free-Body Diagrams? *2009 Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 5, 010108. New Jersey.
- Van Heuvelen, A. dan Etkina, E. (2006). *Active Learning Guide*. Student Edition, San Francisco, CA: Addison Wesley Longmann.