AL-AZKIYAA
INTERNATIONAL JOURNAL OF LANGUAGE AND EDUCATION
UNIVERSITI SAINS ISLAM MALAYSIA

`

Penggunaan Teknik 'DR IF' Dalam Membantu Pelajar Menentukan Arah Arus Aruhan Berpandukan Lembaran Digital

The Use of the 'DR IF' Technique in Helping Students Determine the Direction of Induced Current Guided by Digital Worksheets

Article Info

Article history:
Received: 13/05/2026
Accepted: 20/10/2026
Published: 31/10/2026

DOI:
https://doi.org/10.33102/alazkiyaa238

Muhamad Amin Najwan Bin Muhamad Yusni [1,*], Chong Yoke Lai [1], Azmira Binti Mohd Hanafiah[1], Yap Lin Zee[1]

[1]Unit Fizik, Jabatan Sains, Kolej Matrikulasi Johor,
84900 Tangkak, Johor, Malaysia

**Corresponding Author; E-mail: bm-3464@moe-dl.edu.my*

ABSTRAK

Kajian ini menilai keberkesanan teknik 'DR IF' dalam membantu pelajar Kolej Matrikulasi Johor menguasai kemahiran menentukan arah arus aruhan berasaskan Hukum Lenz dalam topik Aruhan Elektromagnet yang berasaskan Model Kurt Lewin melibatkan 21 orang pelajar. Pelajar didapati menghadapi kesukaran memvisualkan arah arus aruhan dalam mengaplikasikan Hukum Lenz dalam penyelesaian masalah. Teknik 'DR IF' yang menggabungkan model 3D, carta alir berstruktur dan lembaran digital interaktif dibina berasaskan prinsip konstruktivisme bersesuaian dengan gaya pembelajaran generasi Z. Dapatan menunjukkan 90.5% pelajar mencapai peningkatan penguasaan, manakala skor soal selidik yang tinggi (4.29–4.62) membuktikan tahap kepuasan dan penerimaan pelajar terhadap elemen visual, kinestetik dan interaktif teknik ini. Teknik ini dapat memperkukuh pembelajaran bermakna dan kendiri.

Kata Kunci: Aruhan elektromagnet, Hukum Lenz, lembaran digital, teknik visual interaktif

PENGENALAN

Topik aruhan elektromagnet merupakan asas penting dalam kurikulum Fizik kerana ia menerangkan bagaimana arus elektrik dapat dijana melalui perubahan fluks magnet dalam satu litar tertutup. Hukum Lenz, yang menjelaskan arah arus teraruh sebagai reaksi menentang perubahan fluks, memainkan peranan utama dalam menjelaskan pelbagai fenomena dan aplikasi teknologi moden seperti penjana, transformer dan sistem bekalan tenaga elektrik. Namun begitu, topik elektromagnet dikenal pasti antara topik yang paling mencabar dalam kurikulum Fizik kerana sifatnya yang abstrak dan memerlukan pemikiran konseptual yang tinggi (Aykutlu, Bezen & Bayrak, 2015).

© The Authors 2026. Published by Penerbit USIM. This is an open access article under the CC BY 4.0 license.

Berdasarkan pengalaman pengajaran, ramai pelajar mengalami kekeliruan apabila diminta mengenal pasti arah fluks magnet, menentukan perubahan fluks, dan seterusnya mengenal pasti arah arus aruhan dengan betul. Kesukaran ini berpunca daripada kekurangan visualisasi dan ketidakupayaan untuk mengaitkan konsep fluks dan Hukum Lenz dengan situasi sebenar. Pelajar yang mempunyai tahap visualisasi rendah cenderung untuk membuat kesilapan dan tidak yakin dengan jawapan mereka. Walaupun amalan pengajaran sedia ada seperti peragaan tangan kanan dan simulasi digital sering digunakan, ia masih belum mencukupi untuk membantu pelajar memahami konsep yang jelas dan berstruktur.

Kepentingan Kajian

Kajian ini dijalankan sebagai respons terhadap keperluan pelajar yang menghadapi kesukaran memahami konsep fizik yang bersifat abstrak, khususnya apabila melibatkan visualisasi arah medan magnet dan arus aruhan. Sebagai pendidik, kami percaya pelajar memerlukan satu pendekatan pembelajaran yang lebih berstruktur, mudah difahami serta mampu dilaksanakan secara aktif dan menyeronokkan di dalam kelas.

Dari sudut pedagogi, kajian ini memberi sumbangan penting dalam usaha menambah baik amalan pengajaran. Pendekatan yang lebih berpusatkan pelajar, yang menyokong aktiviti kolaboratif diyakini mampu membantu pelajar membina kefahaman yang lebih mantap, meningkatkan keyakinan serta mengurangkan tekanan semasa menghadapi soalan berasaskan aplikasi konsep. Kajian ini juga selaras dengan aspirasi pembelajaran abad ke-21 yang menekankan penglibatan pelajar secara aktif, penggunaan pelbagai deria dalam pembelajaran, dan integrasi teknologi digital dalam sesi pembelajaran. Oleh itu, hasil kajian ini dijangka dapat menyumbang kepada transformasi pedagogi yang lebih inklusif dan relevan dengan keperluan pelajar generasi digital masa kini.

Refleksi Kendiri Pensyarah

Pelaksanaan pengajaran subtopik aruhan elektromagnet mendapati pelajar masih lemah dalam menentukan arah arus aruhan secara menyeluruh. Kekeliruan konsep terutamanya berkaitan prinsip penentangan perubahan fluks masih ketara. Walaupun penyelidik telah memperuntukkan masa pengajaran yang melebihi *Student Learning Time* (SLT) yang ditetapkan untuk topik Hukum Lenz, namun keputusan ujian formatif yang dijalankan selepas sesi pengajaran menunjukkan bahawa majoriti pelajar masih gagal mencapai tahap penguasaan minimum 75 peratus. Maklum balas dari laporan kerja calon peperiksaan akhir semester turut menyatakan hampir 90% calon gagal menguasai kemahiran ini. Situasi ini menimbulkan kekecewaan kerana usaha pengajaran intensif yang telah dijalankan tidak membuahkan hasil yang setimpal.

Refleksi Pembelajaran Pelajar

Melalui pemerhatian dalam kelas dan analisis hasil kerja pelajar (**Lampiran 1**), pelajar menunjukkan kesukaran dalam memahami pelbagai situasi aruhan elektromagnet, khususnya dalam membezakan kaedah tangan kanan *Fleming* dan Hukum Lenz. Konsep aruhan yang bersifat abstrak dan tidak dapat dilihat secara

langsung turut menjadi cabaran, menyebabkan pelajar sukar memahami hubungan sebab dan akibat antara perubahan fluks magnet dan arah arus aruhan. Kekeliruan turut timbul dalam membezakan antara keadaan fluks yang bertambah dan berkurang. Selain itu, pelajar menghadapi kesulitan menggunakan kaedah tangan kanan dengan tepat dalam pelbagai konteks seperti pergerakan rod, putaran gegelung dan perubahan luas gelung. Faktor-faktor ini menjadikan pelajar kurang yakin dalam menguasai Hukum Lenz secara menyeluruh. Maklum balas pelajar melalui soal selidik tinjauan awal isu permasalahan (**Lampiran 2**) juga mendedahkan cabaran spesifik dalam penggunaan kaedah tangan kanan seperti ditunjukkan dalam **Jadual 1**.

Jadual 1: Isu-isu utama berdasarkan komen pelajar tentang *Right-Hand Grip Rule*

Isu	Komen Pelajar
1. Kekeliruan jari/arahan dalam kaedah ini	*"I often confused which fingers represent what", "remember what finger for what"*
2. Sukar membayangkan arah dalam ruang (3D)	*"Difficult to visualize the position of hand", "confusing thumb and fingers"*
3. Tidak tahu bila perlu guna kaedah ini	*"I don't know what is the situation to use this rule", "don't know when to use it"*

Pelajar berasa agak kecewa dan tahap kepuasan pembelajaran topik aruhan elektromagnet adalah rendah berbanding topik-topik yang lain.

PERNYATAAN MASALAH

Topik aruhan elektromagnet, khususnya penentuan arah arus aruhan berdasarkan Hukum Lenz, menjadi cabaran besar kepada pelajar kerana sifatnya yang abstrak dan memerlukan visualisasi tiga dimensi. Ramai pelajar keliru dalam mengenal pasti arah fluks magnet, perubahan fluks serta penggunaan kaedah tangan kanan dengan betul, menyebabkan mereka gagal mencapai tahap penguasaan minimum dan hilang keyakinan. Kaedah tradisional seperti penggunaan tangan dan simulasi pula masih belum mencukupi untuk memberikan kefahaman yang jelas dan berstruktur. Justeru, pelajar memerlukan pendekatan baharu yang lebih sistematik, interaktif dan menyeronokkan. Sehubungan itu, teknik 'DR IF' diperkenalkan sebagai satu strategi inovatif yang menggabungkan model 3D, carta alir berstruktur dan lembaran digital interaktif bagi membantu pelajar menguasai konsep aruhan elektromagnet dengan lebih tepat dan berkesan.

OBJEKTIF KAJIAN

Objektif Umum

Kajian ini bertujuan menyediakan strategi pembelajaran aktif bagi meningkatkan prestasi pelajar dalam penentuan arah arus aruhan (Hukum Lenz).

Objektif Khusus

1. Meningkatkan tahap penguasaan pelajar untuk mengenalpasti arah arus aruhan dengan sistematik dan tepat melalui teknik penaakulan berstruktur 'DR IF'.

2. Mengkaji tahap kepuasan pelajar terhadap teknik penaakulan berstruktur 'DR IF' dalam pembelajaran arus aruhan.

TINJAUAN LITERATUR

Teori konstruktivisme menegaskan bahawa pengetahuan dibina secara aktif melalui pengalaman, penerokaan dan kolaborasi. Dalam konteks pembelajaran Fizik, penggunaan bahan bantu visual dan berstruktur dapat meningkatkan pemahaman konsep abstrak dalam Fizik. Selaras dengan teori Scaffolding (Van de Pol & Beishuizen,(2015), carta alir dalam teknik "DR IF" berfungsi sebagai panduan langkah demi langkah, membimbing pelajar mengenal pasti perubahan fluks serta arah arus aruhan secara sistematik.

Pendekatan multisensory melalui model VARK menekankan bahawa pelajar mempunyai kecenderungan menerima maklumat melalui pelbagai mod iaitu *visual, auditory, read/write* dan *kinesthetic*. Oleh itu, penggabungan pelbagai bentuk rangsangan pembelajaran dapat meningkatkan penglibatan dan kefahaman pelajar (Fleming & Baume, 2006). Gabungan carta alir, model 3D dan arahan bertulis dalam teknik "DR IF" mengaktifkan pelbagai laluan kognitif, meningkatkan ingatan serta kefahaman (Mayer & Moreno, 2003). Selanjutnya, Teori Beban Kognitif (Sweller, 1988) menegaskan perlunya maklumat kompleks dipecahkan kepada komponen kecil. Teknik "DR IF" memenuhi prinsip ini dengan menyusun langkah penentuan arus aruhan secara jelas, sekali gus mengurangkan kekeliruan dan beban kognitif.

Ciri pelajar Generasi Z menekankan pembelajaran digital, interaktif dan visual. Sebagai generasi yang membesar dalam persekitaran teknologi digital, mereka cenderung kepada pengalaman pembelajaran yang aktif, praktikal dan melibatkan aplikasi di samping mengutamakan maklum balas segera, serta penglibatan dalam aktiviti kolaboratif (Seemiller & Grace, 2019). Teknik DR IF memenuhi keperluan ini melalui penggunaan model 3D, lembaran digital responsif dan aktiviti berkumpulan yang dapat meningkatkan penglibatan serta kefahaman pelajar.

Kajian analisis keperluan (Asdy, Siew Wei & Shahrul 2021) menunjukkan bahawa pelajar matrikulasi menghadapi kesukaran memahami konsep Fizik apabila pengajaran tidak disokong dengan bahan bantu mengajar atau modul yang menarik dan interaktif (skor min 4.88 dengan SP=0.494). Skor min 4.45 dengan SP=1.014 yang tinggi bagi item berkaitan keperluan bahan bantu mengajar interaktif dan pemilihan topik Elektromagnet oleh kesemua pakar yang ditemubual dalam kajian tersebut membuktikan bahawa pendekatan pengajaran konvensional semata-mata kurang mencukupi untuk membantu pelajar memahami konsep Fizik secara mendalam. Situasi ini menjelaskan keperluan kepada inovasi pedagogi yang mampu menjadikan konsep abstrak lebih mudah divisualisasikan dan difahami oleh pelajar.

METODOLOGI

Kajian ini menggunakan reka bentuk kajian tindakan berasaskan Model Kurt Lewin, yang merangkumi empat fasa utama iaitu Perancangan, Tindakan, Pemerhatian dan Refleksi. Kajian dilaksanakan secara berfasa bagi menilai dan menambah baik keberkesanan pengajaran dan pembelajaran dalam topik Aruhan Elektromagnet, khususnya dalam membantu pelajar menentukan arah arus aruhan (Hukum Lenz) dengan tepat.



Rajah 1. Model Kurt Lewin (1946)

Seramai 21 orang pelajar yang dikenal pasti lemah dalam penguasaan konsep ini melalui skor ujian formatif awal telah terlibat sebagai kumpulan sasaran dalam intervensi. Teknik inovatif DR IF telah digunakan sebagai pendekatan pedagogi utama, disampaikan secara visual dan interaktif melalui helaian digital interaktif serta model tangan 3D yang membolehkan pelajar berlatih menentukan arah arus aruhan dalam pelbagai situasi dengan maklum balas serta-merta.

Pengumpulan data melibatkan kaedah pemerhatian, semakan dokumen (lembaran kerja pelajar), rakaman video semasa intervensi, temu bual berfokus, serta ujian prestasi. Data dianalisis menggunakan kaedah analisis bertema untuk dapatan kualitatif dan analisis deskriptif bagi data kuantitatif. Analisis ini bertujuan menilai kesan intervensi terhadap pemahaman, penglibatan, dan motivasi pelajar.

Dalam fasa perancangan, pensyarah telah mengenal pasti masalah utama pelajar iaitu kesukaran memahami konsep arus aruhan dan ketidakupayaan menentukan arah arus teraruh secara tepat. Refleksi daripada sesi pengajaran lepas, rekod prestasi, dan soal selidik awal menunjukkan bahawa pendekatan konvensional yang bersifat abstrak dan kurang visual menyumbang kepada kekeliruan pelajar.

Satu pelan tindakan intervensi teknik 'DR IF' telah dibangunkan oleh kumpulan penyelidik bagi menangani isu tersebut melalui gabungan kekuatan bahan fizikal dan aplikasi digital. Pendekatan yang dipilih dibina berasaskan prinsip pembelajaran konstruktivisme dan keperluan pembelajaran Generasi Z, dengan menekankan elemen visual, kinestetik, struktur dan interaktif. Pendekatan inovatif teknik 'DR IF' menggabungkan carta alir langkah demi langkah dan model 3D maujud sebagai alat bantu visual diperkenalkan (**Lampiran 3**). Teknik ini membimbing pelajar untuk:

1. Melaraskan anak panah tegak dengan arah medan magnet luar,
2. Mengenal pasti sama ada fluks bertambah atau berkurang,

3. Memutuskan sama ada perlu Remain atau Flip model 3D,
4. Menentukan arah arus berdasarkan arah anak panah membulat.

Pendekatan ini menyelesaikan masalah utama pelajar dalam visualisasi arah dan membuat keputusan arah arus aruhan berdasarkan perubahan fluk. Aktiviti disampaikan dalam bentuk lembaran kerja digital yang dibina menggunakan CodePen.io (**Lampiran 4**). Filtur timer dan maklum balas segera mampu meningkatkan keterlibatan dalam sesi pembelajaran.

Dalam fasa pelaksanaan tindakan, intervensi teknik 'DR IF' telah dilaksanakan ke atas kumpulan sasaran selama 2 jam sesi pengajaran. Aktiviti dijalankan secara visual dan interaktif menggunakan model 3D, carta alir berstruktur dan lembaran kerja digital interaktif yang dibuka melalui telefon pintar atau tablet pelajar.

Pelajar menjalankan aktiviti berasaskan senario digital, di mana mereka diberi situasi aruhan elektromagnet yang berbeza dan diminta menggunakan teknik 'DR IF' untuk menentukan arah arus aruhan. Aktiviti ini dilaksanakan dalam bentuk kolaborasi kumpulan kecil (3–4 orang), membolehkan pelajar memanipulasi model 3D dan berbincang jawapan secara reflektif. Pensyarah memainkan peranan sebagai fasilitator dengan memantau proses pembelajaran secara berterusan, memberi peneguhan sokongan serta mengenal pasti pelajar yang memerlukan bantuan lanjut ((**Lampiran 5**).

Data pengajaran dan pembelajaran dikumpulkan melalui pemerhatian, ujian prestasi, soal selidik dan temubual pelajar. Pemerhatian tertumpu kepada tahap penglibatan pelajar, interaksi kumpulan dan keupayaan mengaplikasikan teknik *DR IF* dalam menyelesaikan tugasan.

Refleksi dilakukan selepas sesi pengajaran bagi menilai keberkesanan intervensi. Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan pencapaian ujian prestasi sebelum dan selepas intervensi, manakala data pemerhatian, soal selidik dan temu bual dianalisis secara tematik. Dapatan digunakan untuk menilai keberkesanan intervensi serta merancang penambahbaikan bagi pelaksanaan seterusnya seperti meningkatkan kualiti bahan visual atau menyediakan latihan tambahan yang lebih berstruktur bagi menyokong pembelajaran pelajar secara berterusan.

DAPATAN KAJIAN

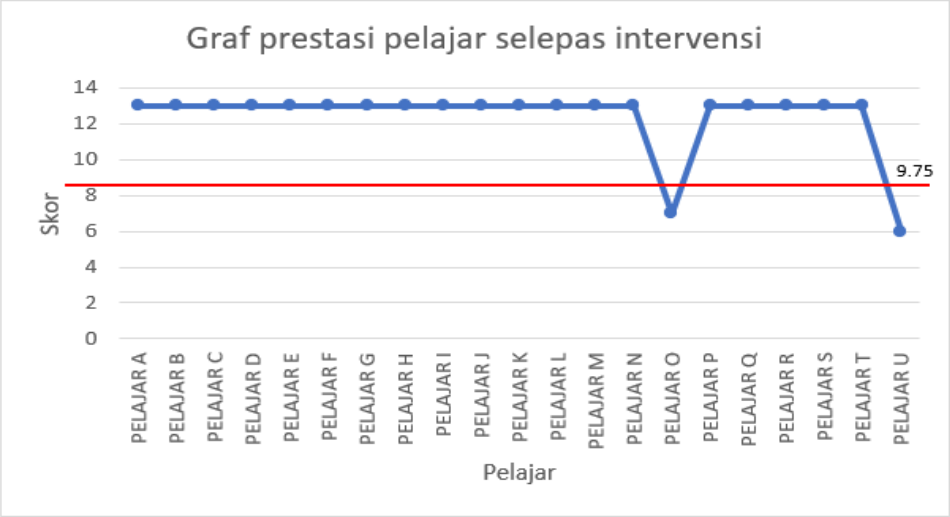
Objektif 1: Meningkatkan tahap penguasaan pelajar untuk mengenal pasti arah arus aruhan dengan sistematik dan tepat melalui teknik *DR IF*.

Dapatan kajian menunjukkan bahawa teknik DRIF berjaya meningkatkan ketepatan pelajar dalam mengenal pasti arah arus aruhan. Ini dibuktikan melalui:

Peningkatan dalam ujian prestasi

Sebanyak 90.5% pelajar sasaran menunjukkan peningkatan pencapaian yang amat memberangsangkan selepas intervensi. Kemahiran menentukan arah arus aruhan menggunakan Hukum Lenz telah beralih dari tahap lemah dan sederhana ke tahap baik. Berbanding sebelum ini, hanya tinggal dua (2) orang pelajar sasaran (Pelajar U dan pelajar O) sahaja yang masih tidak berjaya mencapai markah melebihi 9.75 (75 percentile)

seperti mana yang ditetapkan oleh KPI *Outcome Based Education* (OBE) kursus. Hal ini menunjukkan bahawa tahap penguasaan pelajar sasaran dalam penentuan arah arus aruhan menjadi lebih kukuh dan mantap selepas mengikuti proses intervensi.



Rajah 2. Graf prestasi pelajar sasaran selepas intervensi

Pemerhatian

Jadual 2. Pemerhatian Tingkah Laku Pelajar semasa aktiviti intervensi

Tema	Pemerhatian	Penjelasan
Pemahaman konsep yang lebih baik	Pelajar yang silap jawapan bertanya atau minta tunjuk ajar daripada rakan sekumpulan yang menjawab dengan betul. Mereka dapat memberi jawapan dengan tepat tanpa perlu merujuk kepada contoh dalam nota kuliah. Pelajar mengikut setiap langkah dalam carta aliran yang diberikan untuk menentukan perubahan fluks magnet dan arah arus aruhan mengikut situasi dengan betul.	Pelajar saling membantu dan menjelaskan konsep, menandakan pembelajaran aktif yang menyokong kefahaman terhadap arah arus aruhan secara mendalam. Pemahaman mereka terhadap konsep telah meningkat dan maklumat telah diserap serta mampu mengaplikasikannya secara sistematik berpandukan struktur teknik 'DR IF'.
Kolaborasi dan maklum balas rakan sebaya	Pelajar bekerjasama dalam kumpulan memanipulasi model 3D yang diberi untuk mendapatkan arah arus aruhan yang betul berdasarkan situasi dalam skrin.	Ini menunjukkan pelajar aktif berkomunikasi dan menyemak jawapan bersama, sekaligus memperkukuh pemahaman melalui kerjasama kumpulan.

Pelajar dapat mengikuti langkah dalam carta aliran dengan sistematik serta mampu menjawab tanpa merujuk kepada nota. Terdapat interaksi aktif antara pelajar dalam menerangkan konsep sesama sendiri, menunjukkan pemahaman yang lebih mendalam.

Maklum balas soal selidik

Bil.	Item	Skor Purata

Pengalaman menggunakan teknik 'DR IF'		
1	Sejauh mana mudahnya untuk memahami teknik 'DR IF'?	4.52
2	Sejauh mana rajah alir membantu anda dalam menentukan arah arus teraruh?	4.62
3	Sejauh mana model 3D berguna dalam memvisualisasikan arah medan magnet dan arus?	4.62
4	Langkah 'Remain' dan 'Flip' dalam teknik 'DR IF' membantu saya mengenal pasti arah arus dengan betul.	3.95
5	Selepas menggunakan teknik 'DR IF', sejauh mana keyakinan anda dalam menentukan arah arus teraruh?	4.33

Purata skor yang tinggi (antara 4.33 – 4.62) menunjukkan pelajar sangat bersetuju bahawa kaedah 'DR IF' mudah difahami dan membantu mereka. Model 3D dan rajah alir menerima skor tertinggi (4.62) menyokong tema "Pemahaman Konsep yang Lebih Baik" dan "Meningkatkan Fokus" dalam pemerhatian. Walaupun langkah "Remain" dan "Flip" menerima skor yang sedikit lebih rendah (3.95), ia masih dianggap berkesan.

Bil.	**Item**	**Skor Purata**
Perbandingan pemahaman sebelum dan selepas intervensi		
6	Sebelum menggunakan teknik 'DR IF', saya mengalami kesukaran untuk menentukan arah medan magnet atau arus teraruh.	3.90
7	Selepas mempelajari teknik 'DR IF', saya mendapati lebih mudah untuk menentukan arah arus teraruh dalam pelbagai situasi.	4.39

Terdapat peningkatan yang ketara dari skor 3.90 kepada 4.39, menunjukkan bahawa kaedah 'DR IF' berjaya membantu pelajar mengatasi kesukaran awal dalam mengenal pasti arah arus aruhan.

Bil.	**Item**	**Skor Purata**
Refleksi dan kegunaan teknik 'DR IF'		
8	Rajah alir dalam teknik 'DR IF' membantu saya berfikir secara sistematik semasa menyelesaikan masalah.	4.38
9	Model tangan 3D dan carta aliran membantu saya memahami orientasi medan magnet dan arus dengan lebih baik.	4.38
10	Teknik 'DR IF' memberikan saya kaedah yang jelas dan tersusun untuk menjawab soalan berkaitan arah arus dalam topik aruhan elektromagnet.	4.38
11	Berbanding sebelum ini, saya kini lebih yakin untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan Hukum Lenz.	4.29

Skor purata tinggi menggambarkan bahawa teknik 'DR IF' membantu pelajar berfikir secara sistematik serta memberi struktur yang memudahkan penyelesaian masalah. Keyakinan pelajar terhadap Hukum Lenz juga meningkat, pelajar berpuas hati dan menikmati proses pembelajaran Hukum Lenz menggunakan teknik DRIF.

Objektif 2: Mengkaji tahap kepuasan pelajar terhadap teknik *DR IF* dalam pembelajaran arus aruhan.

Pemerhatian

Jadual 3: Tema yang diperoleh daripada Pemerhatian Tingkah Laku Pelajar semasa aktiviti intervensi

Tema	Pemerhatian	Penjelasan
Peningkatan penglibatan dan fokus pelajar	Pelajar fokus menyelesaikan latihan pelbagai situasi yang dipaparkan dalam lembaran kerja digital.	Penggunaan lembaran kerja digital berjaya menarik perhatian pelajar untuk kekal fokus semasa latihan, yang mencerminkan kepuasan dan minat terhadap teknik 'DR IF'.
Pengurangan tekanan dan sikap positif	Walaupun terdapat pelajar yang memberikan jawapan salah, mereka tetap menunjukkan ekspresi ceria, ketawa bersama rakan sekumpulan dan terus mencuba untuk soalan seterusnya. Tiada pelajar menunjukkan tanda tekanan seperti berdiam diri, kecewa atau menarik diri daripada aktiviti.	Menunjukkan pendekatan permainan dan penggunaan bahan bantu visual model 3D dalam aktiviti intervensi berjaya mewujudkan persekitaran pembelajaran yang positif dan rendah tekanan.

Pemerhatian tingkah laku pelajar menunjukkan peningkatan fokus, keterlibatan aktif dan pengurangan tekanan ketika belajar. Pelajar menunjukkan sikap positif walaupun membuat kesilapan dan tetap mencuba, menandakan persekitaran pembelajaran yang sihat dan menyeronokkan. Tahap kepuasan pelajar meningkat melalui intervensi ini.

Temubual

Jadual 4: Tema utama yang dikenalpasti daripada transkrip temubual kumpulan pelajar

Tema	Transkrip temu bual
1. Pemahaman sistematik	*"Flow chart ini memudahkan kita untuk menjawab soalan, untuk menjadi **lebih sistematik**..." – Pelajar A* *"Sangat membantu dalam saya nak **fahamkan Lenz law**... beberapa minit pun saya dah boleh ajar orang lain dah." – Pelajar G*
2. Visualisasi melalui Model 3D	*"Model 3D ini lagi **senang**... tak payah pakai tangan nak pusing-pusing bila gambarajah tak jelas." – Pelajar A* *"Saya pening soalan tu 2D atau 3D. Tapi bila guna model ini, lagi **senang untuk nampak.**" – Pelajar I* *"Model 3D ini boleh **tunjuk macam mana nak gunakan tangan**." – Pelajar E*
3. Kejelasan langkah 'Remain' dan 'Flip'	*"Kalau dia **decreasing** kita tahu nak **remain.**" – Pelajar C* *"Untuk **decreasing** kita akan **replace the loss**, dan untuk **increasing** kita akan **cancel the gain.**" – Pelajar F* *"**Increase** kita **flip**, kalau **decrease** kita **remain**." – Pelajar H*

		*"**Increasing** dia **terbalik**, **decreasing kekal**." – Pelajar J*
4.	Penurunan kekeliruan dan Tekanan	*"Sebelum ni saya nak faham saya **campur tangan kiri dan kanan Fleming**. So susah." – Pelajar G* *"Sebelum ni selalu ada **masalah untuk tentukan arah arus**... kita orang pening..." – Pelajar H* *"Before this I didn't know how and when to **rotate my hand**... but after using this model, it **became easier**." – Pelajar K*
5.	Keyakinan pelajar	*"Beberapa minit pun saya dah boleh **ajar orang lain** dah." – Pelajar G*

Tema 1,2 dan 3 menunjukkan bahawa pelajar bukan sahaja faham secara teori tetapi juga mampu melaksanakan langkah dengan betul dan yakin, menepati objektif kajian pertama. Dua tema (4 dan 5) pula menyokong bahawa pelajar berpuas hati dengan teknik 'DR IF', dari segi keberkesanan pembelajaran dan persekitaran pembelajaran yang positif. Ini membuktikan bahawa teknik 'DR IF' bukan sahaja efektif dari sudut pedagogi, tetapi juga diterima baik dari sudut pengalaman pelajar (L**ampiran 6**).

PERBINCANGAN

Pelaksanaan teknik 'DR IF' telah memberikan impak yang signifikan terhadap pelbagai aspek PdP. Dari segi pelajar, pemerhatian, soal selidik, temubual dan ujian pencapaian menunjukkan peningkatan yang jelas dalam kefahaman, keyakinan, serta kemahiran menyelesaikan masalah berkaitan arah arus aruhan secara lebih sistematik dan tepat. Pelajar dapat memanfaatkan carta alir dan model 3D untuk memvisualisasikan konsep abstrak serta melibatkan diri secara aktif dan reflektif dalam aktiviti kumpulan.

Dapatan ini selaras dengan kajian oleh Tural dan Tarakçı (2017) yang mengesan peningkatan pemahaman konseptual pelajar melalui penggunaan model fizikal dan simulasi, di mana bilangan respons saintifik tepat bertambah manakala kekeliruan berkurang selepas intervensi. Dalam konteks kajian ini, model 3D dan lembaran digital interaktif berfungsi sebagai medium visualisasi yang membantu pelajar membina gambaran mental yang lebih jelas terhadap konsep perubahan fluks dan arah arus aruhan.

Selain itu, dapatan kajian juga selaras dengan Teori Beban Kognitif oleh John Sweller (1988). Konsep arus aruhan yang abstrak dan melibatkan beberapa elemen serentak sering menimbulkan kekeliruan dalam kalangan pelajar. Teknik *DR IF* memecahkan proses penaakulan kepada beberapa langkah kecil yang jelas dan berurutan bertepatan dengan konsep scaffolding yang diketengahkan oleh Janneke van de Pol dan Jos Beishuizen (2015). Struktur ini membantu mengurangkan beban kognitif, sekali gus memudahkan pelajar menumpukan perhatian kepada proses membuat keputusan. Pemerhatian menunjukkan pelajar kekal fokus, aktif menyelesaikan tugasan dan tidak menunjukkan tekanan yang ketara sepanjang intervensi.

Dapatan kajian turut memperlihatkan bahawa integrasi elemen digital dan interaktif dalam teknik DR IF memenuhi keperluan pembelajaran generasi Z yang cenderung kepada pembelajaran visual, responsif dan berasaskan teknologi selari dengan pandangan Corey Seemiller dan Meghan Grace (2019). Penggunaan lembaran kerja digital interaktif yang menyediakan maklum balas segera berjaya meningkatkan penglibatan aktif, motivasi dan keseronokan pembelajaran pelajar. Dapatan ini turut menyokong kajian analisis keperluan oleh Asdy, Siew Wei dan Shahrul (2021) yang

menunjukkan bahawa pelajar matrikulasi menghadapi kesukaran memahami konsep Fizik apabila pengajaran tidak disokong dengan bahan bantu mengajar yang menarik dan interaktif. Dalam kajian tersebut, skor min yang tinggi bagi item berkaitan keperluan bahan bantu mengajar interaktif membuktikan bahawa pendekatan konvensional semata-mata kurang mencukupi untuk membantu pelajar memahami konsep Fizik secara mendalam. Justeru, keberkesanan teknik DR IF dalam meningkatkan kefahaman, keyakinan dan kepuasan pelajar mengukuhkan lagi keperluan terhadap inovasi pedagogi yang bersifat visual, interaktif dan berpusatkan pelajar.

Dari sudut amalan pengajaran, kajian ini berjaya mentransformasikan pendekatan amalan pengajaran daripada kaedah tradisional yang berasaskan *chalk and talk* semata-mata kepada pendekatan yang lebih berpusatkan pelajar (lebih aktif, kolaboratif dan berorientasikan penyelesaian masalah). Pensyarah berperanan sebagai fasilitator yang membimbing proses pembelajaran, manakala pelajar lebih aktif meneroka dan membina kefahaman sendiri. Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan keberkesanan penyampaian konsep abstrak, malah menyokong aspirasi pendidikan abad ke-21 yang menekankan pembelajaran aktif, pemikiran sistematik, literasi digital dan pembangunan pelajar kalis masa depan (*future-ready learners*).

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, objektif kajian tercapai apabila 90.5% pelajar berjaya mencapai KPI OBE dengan skor kepuasan tinggi (4.29–4.62), membuktikan keberkesanan teknik ini dalam meningkatkan penguasaan konsep arus aruhan. Kajian ini telah mengesahkan bahawa teknik 'DR IF', berasaskan prinsip konstruktivisme dan gaya pembelajaran generasi Z, mampu menjadikan konsep abstrak lebih mudah difahami serta meningkatkan pengalaman pembelajaran. Oleh itu, pendekatan ini berpotensi untuk diperluas kepada topik Fizik lain, di samping ditambah baik melalui integrasi teknologi AR, aplikasi mudah alih dan aktiviti pembelajaran terbeza bagi memenuhi keperluan pelajar dengan lebih menyeluruh.

PENGHARGAAN

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Kolej Matrikulasi Johor dan Bahagian Matrikulasi Kementerian Pendidikan Malaysia atas sokongan sehingga terhasilnya kajian ini. Selain itu, jutaan terima kasih kepada para pelajar yang menjadi responden kajian serta semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menyiapkan kajian ini. Kajian ini tidak disokong oleh sebarang geran daripada bahan pembiayaan dalam sektor awam, swasta atau bukan berasaskan keuntungan.

SUMBANGAN PENULIS

Muhamad Amin Najwan Bin Muhamad Yusni (Pengkonsepsian, Penyeliaan, Pembangunan lembaran digital, Pelaksanaan kajian, Penulisan)
Chong Yoke Lai (Pengkonsepsian,Pelaksanaan kajian, Penganalisis dan pengurusan data, Penulisan)
Azmira Binti Mohd Hanafiah (Pengkonsepsian,Pemodelan 3D, Pelaksanaan kajian, Penulisan,)
Yap Lin Zee (Pengkonsepsian, Pelaksanaan kajian, Penganalisis dan pengurusan data, Penulisan)

KONFLIK KEPENTINGAN

Semua penulis mengesahkan bahawa tiada sebarang konflik kepentingan dalam kajian ini.

PENYATAAN ETIKA

Kajian ini telah dijalankan mengikut garis panduan penyelidikan yang telah ditetapkan. Persetujuan telah diperolehi daripada semua peserta kajian dan segala butiran peserta terpelihara.

RUJUKAN

Arif, A.H., Tho, S.W., & Ayop, S.K. W (2021). Pembangunan modul pembelajaran STEM berintegrasikan BYOD (bring your own device) untuk pendidikan Fizik di Kolej Matrikulasi: Satu analisis keperluan. Practitioner Research, 3, July, 171-190. https://e-journal.uum.edu.my/index.php/pr/article/view/27235

Aykutlu, Bezen, S., & Bayrak, C. (2015). Teacher Opinions about the Conceptual Challenges Experienced in Teaching Physics Curriculum Topics, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 174, 390-405

Fleming, N. D. (2006). *Teaching and learning styles: VARK strategies* (2nd ed.). Christchurch, New Zealand: N.D. Fleming.

Mayer, R.E. and Moreno, R. (2003) Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3801_6

Seemiller, C., & Grace, M. (2019). *Motivating and engaging Generation Z learners* [Webinar transcript]. Magna Publications. https://celt.cuw.edu/wp-content/uploads/Motivating-and-Engaging-Generation-Z-Learners-transcript.pdf

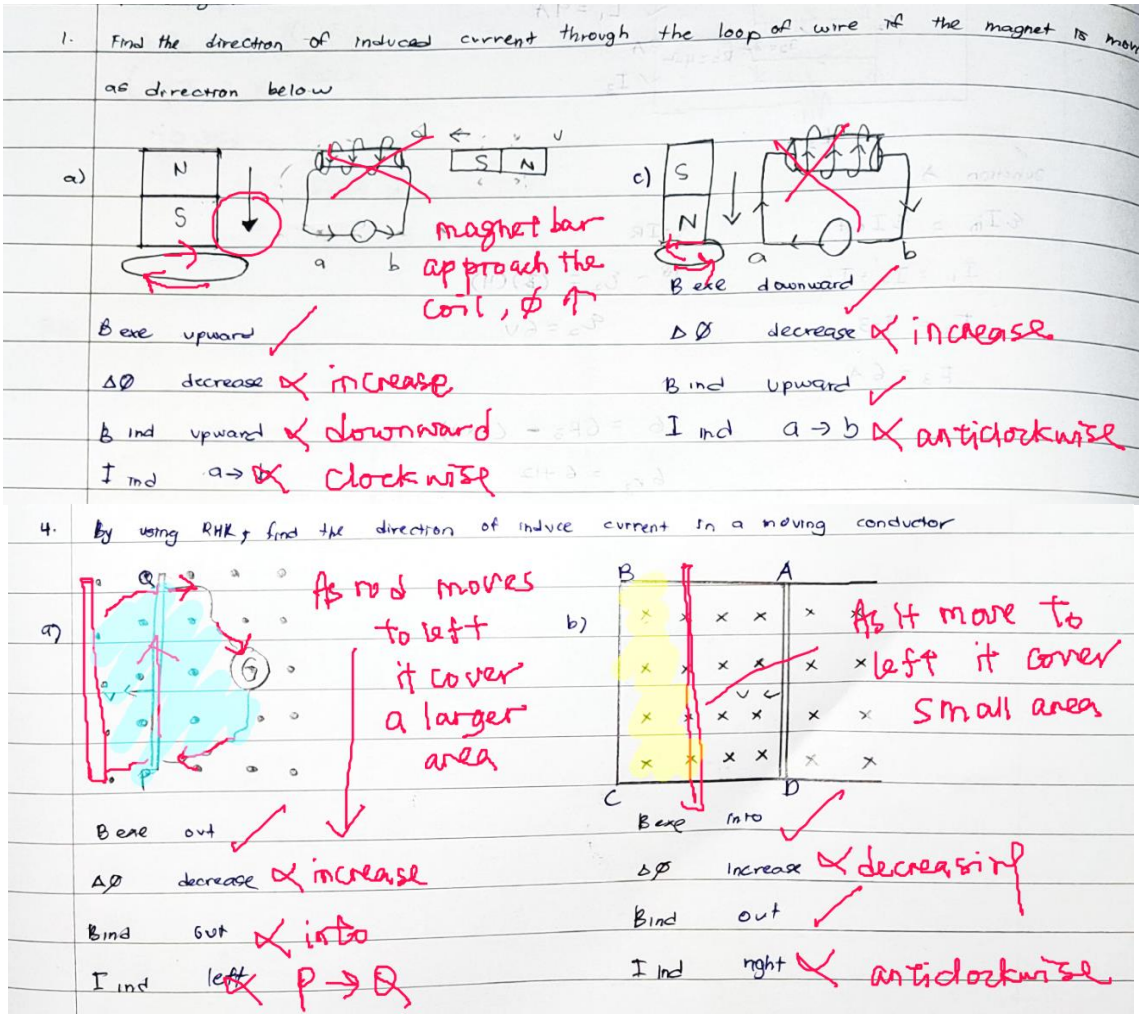
Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285.

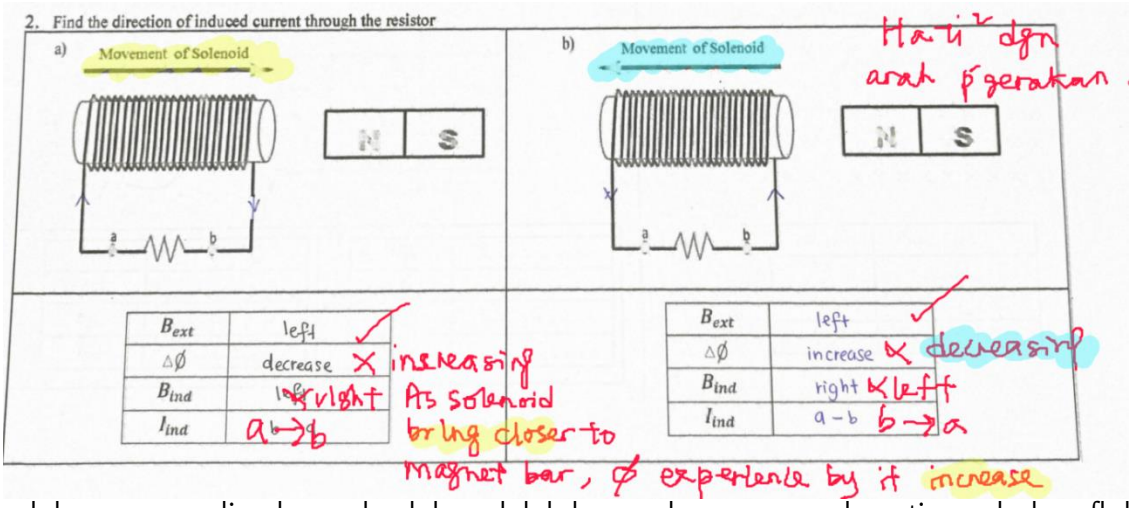
Tural, Güner & Tarakçi, Demet. (2017). Effects of physical models and simulations to understand daily life applications of electromagnetic induction. Research in Science & Technological Education. 35. 1-16. 10.1080/02635143.2017.1295370.

Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2015). The effects of scaffolding in the classroom: support contingency and student achievement, task effort, and appreciation of teacher support. Instructional Science, 43(5), 615–641.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Analisis kesilapan pelajar dalam menentukan arah arus aruhan (Hukum Lenz)

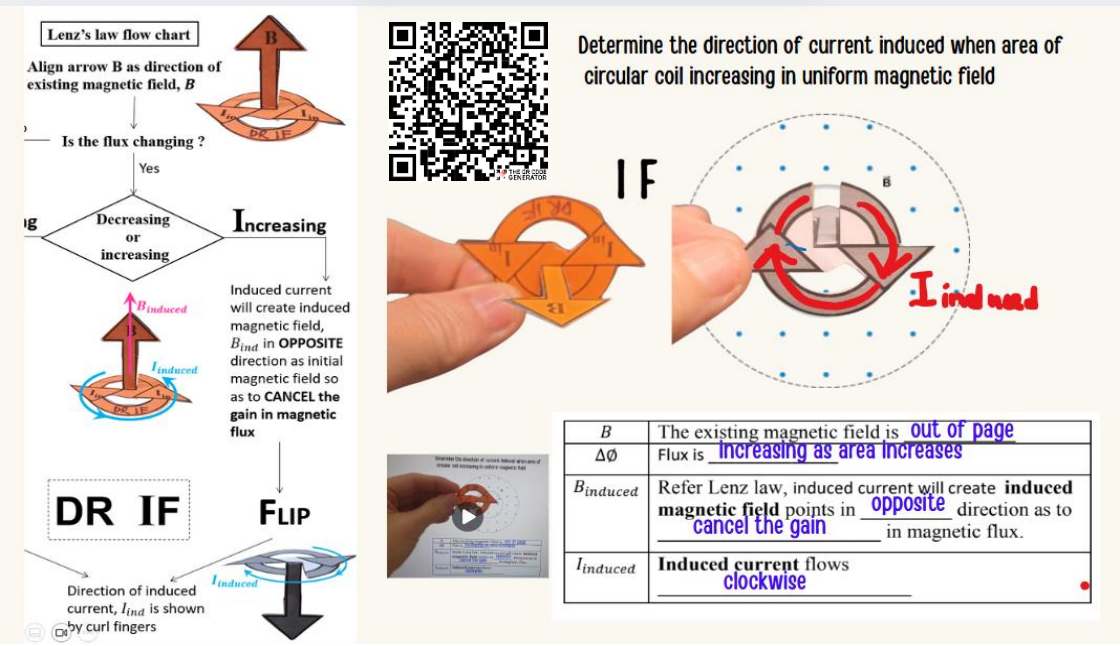




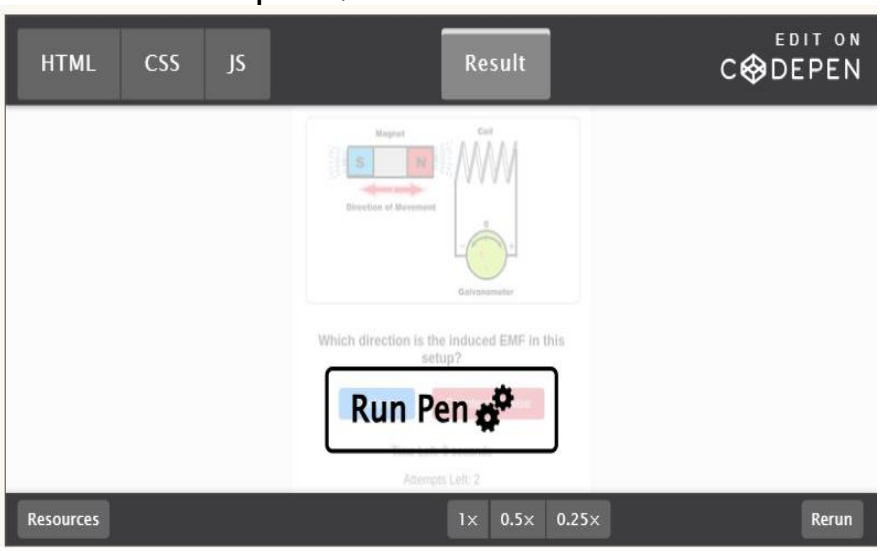
Kesalahan yang paling kerap berlaku adalah kegagalan mengenal pasti perubahan fluks magnet dan arah arus berdasarkan Hukum Lenz. Ini menunjukkan bahawa pelajar keliru dengan logik "penentangan perubahan" dalam penghasilan arus aruhan.

Lampiran 2: Soal selidik tinjauan awal isu permasalahan pelajar dalam pembelajaran arus aruhan electromagnet.

Lampiran 3: Teknik "DR IF"



Lampiran 4 : Lembaran kerja digital yang responsif (dibangunkan menggunakan Codepen.io)



Lampiran 5: Sesi intervensi menggunakan teknik 'DR IF'

Lampiran 6 : Padanan tema analisis tematik temubual dengan objektif kajian, berserta justifikasi

Objektif kajian	Tema	Justifikasi
1. Meningkatkan tahap penguasaan pelajar untuk mengenalpasti arah arus aruhan dengan sistematik dan tepat melalui teknik 'DR IF'	1. Pemahaman konsep yang lebih jelas dan sistematik	→ Pelajar menyatakan carta alir membantu mereka menjawab soalan secara lebih teratur dan logik.
	2. Kejelasan langkah 'Remain' dan 'Flip'	→ Pelajar kini tahu bila untuk flip/remain bergantung pada perubahan fluks, menandakan pemahaman terhadap prinsip Lenz.
	3. Kemudahan visualisasi melalui model 3D	→ Model fizikal membantu pelajar menentukan arah medan dan arus secara lebih tepat, menggantikan kekeliruan sebelum ini.
2. Mengkaji tahap kepuasan pelajar terhadap teknik	1. Keyakinan	→ Pelajar menunjukkan bahawa mereka yakin dan bersedia menerangkan semula konsep,

'DR IF' dalam pembelajaran arus aruhan.		petanda kepuasan dan penguasaan.
	2. Penurunan kekeliruan dan tekanan	→ Pelajar melaporkan mereka tidak lagi keliru atau takut salah, dan suasana pembelajaran menjadi lebih santai dan menyeronokkan.