Penerbit Akademia Baru

Journal of Advanced Research in Computing and Applications

Journal homepage:
https://akademiabaru.com/submit/index.php/arca/index
2462-1927

Teknologi Pengesanan Keberadaan Pelajar Semasa Kelas Makmal Dalam Talian: Analisis Perbandingan Institusi Pengajian Tinggi

Technology for Detecting Student Presence During Online Programming Laboratory Classes: A Comparative Analysis of Higher Education Institutions

Nor Hidayah Hussain[1,*], Siti Rohaida Alimin[2], Helyawati Baharudin[2], Farhana Abdullah Asuhaimi[1]

[1] Department of Computing, Faculty of Creative Multimedia and Computing, Universiti Islam Selangor, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia
[2] Department of Creative Multimedia, Faculty of Creative Multimedia and Computing, Universiti Islam Selangor, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia

ARTICLE INFO

Article history:
Received 30 October 2025
Received in revised form 25 November 2025
Accepted 29 November 2025
Available online 14 December 2025

Keywords:
pengesanan kehadiran; pemantauan makmal pengaturcaraan dalam talian; proctoring; analitik LMS

ABSTRACT

Persekitaran pembelajaran maya menawarkan kemudahan yang fleksibel dan capaian jarak jauh untuk proses pengajaran dan pembelajaran (PdP). Walau bagaimanapun, terdapat cabaran dalam memastikan kehadiran pelajar secara sah dan tumpuan penuh semasa PdP dalam talian, terutama bagi kelas makmal pengaturcaraan. Kesukaran untuk memantau pelajar secara langsung bagi mengelakkan ketidakjujuran sepanjang PdP boleh menjejaskan pencapaian objektif pembelajaran. Kajian ini mengkaji teknologi pengesanan kehadiran pelajar yang digunakan dalam kelas dalam talian di institusi pengajian tinggi terpilih. Pendekatan kajian ini melibatkan tinjauan literatur berstruktur untuk membangunkan kerangka konseptual yang menggabung teknologi pengesanan kehadiran dan keterlibatan pelajar secara aktif. Ini bertujuan untuk memperkukuh kualiti pembelajaran digital seiring dengan tuntutan Revolusi Pendidikan 5.0.

The virtual learning environment offers flexible and remote access to teaching and learning (T&L) processes. However, challenges remain in ensuring the authenticity of student attendance and maintaining their full attention during online T&L sessions, particularly for programming laboratory classes. Difficulties in monitoring students directly to prevent academic dishonesty throughout online sessions may hinder the achievement of intended learning objectives. This study examines student attendance detection technologies used in online classes at selected higher education institutions. The research uses a structured literature review approach to develop a conceptual framework that integrates attendance detection technologies with active student engagement. The aim is to strengthen the quality of digital learning in line with the demands of Education Revolution 5.0.

[*] *Corresponding author.*
E-mail address: hidayah@uis.edu.my

https://doi.org/10.37934/arca.41.1.161171

1. Pengenalan

Perubahan landskap pendidikan ke arah pembelajaran digital berlaku secara drastik selepas dunia dilanda pandemik Covid-19 [1]. Transformasi ini turut memberi kesan kepada pengajaran subjek pengaturcaraan, yang lazimnya memerlukan pengendalian kelas makmal bagi memenuhi objektif pembelajaran. Berbeza dengan sesi kuliah teori yang boleh dijalankan melalui pelbagai peranti, pembelajaran makmal pengaturcaraan menuntut pelajar melaksanakan tugasan secara langsung menggunakan komputer dan perisian khusus [1][2].

Keperluan ini menimbulkan cabaran baharu kepada pensyarah, terutama dalam memastikan kehadiran pelajar secara sah serta tahap penglibatan mereka sepanjang proses pengajaran dan pembelajaran (PdP) dalam talian. Ini kerana kehadiran biasanya direkodkan melalui penyertaan log masuk pelajar (di mana mereka bebas mengawal penggunaan kamera) tanpa diketahui samaada mereka menggunakan komputer, sedang mengendalikan perisian atau menyelesaikan tugasan yang diberikan. Sedangkan asas pembelajaran makmal pengaturcaraan menekankan aktiviti *hands-on* serta penyelesaian masalah melalui interaksi aplikasi dan simulasi. Oleh itu, pelaksanaan makmal dalam talian memerlukan satu mekanisme pengesanan kehadiran yang sah dan keterlibatan pelajar dalam PdP secara aktif [3][4].

Seiring perkembangan teknologi pendidikan, pelbagai sistem pemantauan telah diterapkan di institusi pengajian tinggi seperti *proctoring* berasaskan kecerdasan buatan [5], analitik pembelajaran dalam LMS [6], pengecaman wajah berterusan [7] serta pemantauan skrin rawak. Walau bagaimanapun, dapatan literatur menunjukkan bahawa setiap teknologi hanya meliputi sebahagian aspek pengesanan dan penglibatan pelajar. Justeru, penyelidikan ini mengenal pasti keperluan gabungan pelbagai teknologi bagi memastikan kehadiran pelajar dinilai secara sah, menyeluruh, dan berasaskan tindakan.

Oleh itu, kajian ini bertujuan (i) mengenal pasti teknologi yang digunakan dalam pengesanan dan pemantauan kehadiran serta keberadaan pelajar semasa kelas makmal dalam talian, dan (ii) mencadangkan kerangka konseptual pengesanan kehadiran makmal dalam talian yang menggabung pengesahan identiti, pemantauan visual dan pengesanan penglibatan tugasan praktikal melalui interaksi pelajar dengan perisian makmal. Kerangka ini diharapkan dapat menyokong proses pembelajaran aktif dalam persekitaran pembelajaran digital dan menjadi asas kepada kajian empirikal pada masa hadapan.

Bahagian seterusnya membincangkan sorotan kajian lepas yang merangkumi kategori teknologi yang digunakan dalam pengesanan kehadiran dalam talian. Metodologi kajian menggunakan kaedah tinjauan literatur berstruktur dijelaskan dalam seksyen berikutnya. Seterusnya, hasil analisis penggunaan teknologi dipersembah dan diikuti dengan seksyen Perbincangan. Bahagian akhir kemudiannya merumuskan kesimpulan serta memberikan cadangan untuk kajian lanjutan.

2. Kajian Literatur

2.1 Pembelajaran Makmal dalam Talian di Institusi Pengajian Tinggi

Pelaksanaan makmal secara dalam talian menuntut penglibatan pelajar secara sah melalui penggunaan komputer dan perisian khusus yang menyokong penyelesaian tugasan praktikal. Tidak seperti pembelajaran teori yang boleh dilaksanakan melalui telefon pintar atau pembacaan nota, pembelajaran makmal memerlukan pelajar melakukan latihan secara langsung menggunakan aplikasi profesional, IDE (Integrated Development Environment), perisian grafik, atau platform simulasi bergantung kepada kursus yang ditawarkan [8]. Kajian menunjukkan pembelajaran makmal

memerlukan pelajar melakukan tugasan berbentuk *hands-on*, di mana keberhasilan hasil kerja pelajar mencerminkan tahap penguasaan kemahiran.

Namun, pensyarah berhadapan kesukaran mengesahkan sama ada pelajar benar-benar menggunakan komputer sepanjang kelas kerana tiada mekanisme khusus untuk memantau penggunaan peranti [9]. Ketiadaan pengesahan visual dan interaksi aplikasi menyebabkan pelajar berpotensi hadir secara pasif dengan hanya mendengar syarahan tanpa melakukan sebarang kerja makmal. Keadaan ini menyumbang kepada fenomena *silent learners* atau *passive presence*, iaitu pelajar hadir tetapi tidak terlibat secara aktif dalam pembelajaran [2]. Maka, keperluan memastikan pelajar berada di hadapan komputer melalui teknologi pemantauan adalah semakin relevan dalam konteks institusi pengajian tinggi terkini.

2.2 Keperluan Pengesanan Keberadaan Pelajar dalam Aktiviti Praktikal

Kehadiran pelajar dalam pembelajaran dalam talian sering hanya direkodkan melalui status log-masuk pada platform video atau LMS, sedangkan kehadiran sebenar memerlukan penglibatan aktif pelajar sepanjang pelaksanaan tugasan makmal [6]. Kajian lepas menunjukkan prestasi penilaian pelajar dalam makmal bergantung pada tahap interaksi mereka dengan perisian, *real-time troubleshooting*, serta sejauh mana mereka mencuba kod atau latihan praktikal secara kendiri. Tanpa pengesanan kehadiran yang sah, pelajar berpotensi mengabaikan tugasan, mengupah rakan lain menyiapkan kerja, atau mengikuti kelas secara sambil lewa di lokasi tidak sesuai seperti di restoran atau dalam kenderaan [5].

Kegagalan mengesan keberadaan pelajar juga mengakibatkan mengakibatkan penilaian hasil pembelajaran yang kurang tepat. Berdasarkan kajian, kehadiran pasif dalam kelas maya menyumbang kepada penurunan skor penilaian sumatif sehingga 35% bagi kursus STEM [9]. Situasi ini mengukuhkan keperluan pemantauan keberadaan pelajar secara real-time melalui teknologi pemantauan, agar pensyarah dapat memastikan pelajar benar-benar mengikuti kelas makmal dan tidak hanya bergantung pada kehadiran maya yang bersifat simbolik.

2.3 Teknologi Pengesanan Keberadaan Pelajar dalam Kelas dalam Talian

Institusi pengajian tinggi mula mengadaptasi pelbagai teknologi bagi membolehkan pensyarah mengenal pasti kedudukan pelajar serta tahap penglibatan mereka ketika kelas makmal secara dalam talian. Empat kategori teknologi yang dikenal pasti ialah proctoring berasaskan AI, analitik LMS, pengecaman wajah, dan pemantauan skrin secara rawak [5][10].

2.3.1 Teknologi Proctoring Berasaskan Kecerdasan Buatan

Teknologi proctoring seperti Respondus, Proctorio dan Examity menggunakan kamera, mikrofon, *eye-tracking*, serta pengesanan tingkah laku bagi memantau pelajar sepanjang sesi pembelajaran [5]. Walaupun lazim digunakan dalam ujian peperiksaan, penggunaannya telah berkembang ke sesi makmal dalam talian bagi memastikan pelajar tidak meninggalkan komputer atau melakukan aktiviti selain tugasan kursus. AI mampu mengesan situasi seperti pelajar meninggalkan kerusi, penggunaan telefon pintar, serta interaksi luar perisian pembelajaran. Selain itu, penggunaan proctoring AI berupaya meningkatkan disiplin pelajar kerana mereka berasa diperhatikan dan lebih fokus terhadap tugasan [10].

2.3.2 Analitik Pembelajaran dalam Sistem Pengurusan Pembelajaran (LMS Analytics)

LMS moden seperti Moodle Analytics dan Blackboard Predict membolehkan analisis log data pelajar seperti masa log masuk, masa interaksi, jumlah klik, akses fail, dan aktiviti penyelesaian tugasan [6]. Sistem analitik ini dapat mengesan pelajar yang tidak aktif walaupun berada dalam kelas secara maya. Analitik LMS juga mampu membezakan pelajar aktif dengan pelajar yang hanya log masuk tanpa melaksanakan tugasan. Dalam konteks makmal dalam talian, data log bertindak sebagai bukti penglibatan pelajar dengan perisian dan fail kerja makmal.

2.3.3 Teknologi Pengecaman Wajah untuk Pengesanan Kehadiran

Teknologi pengecaman wajah digunakan untuk memastikan pelajar kekal berada di hadapan komputer sepanjang sesi [11]. Sistem seperti ClassIn, FaceID Education dan AI Campus digunakan di China, Singapura, dan Korea Selatan. Berbeza dengan log-masuk berbentuk statik, pengecaman wajah dilaksanakan secara berterusan, bukan hanya pada permulaan kelas. Terdapat kajian mendapati pengecaman wajah berterusan meningkatkan disiplin pelajar serta mengurangkan kehadiran pasif dalam kelas.

2.3.4 Pemantauan Skrin Secara Rawak dalam Kelas Makmal

Pemantauan skrin secara rawak (seperti Zoom Screen Check, MS Teams View dan ClassDo Monitoring) digunakan secara efektif dalam kelas makmal kerana memastikan pelajar menggunakan aplikasi yang ditetapkan oleh pensyarah [12]. Kajian menunjukkan terdapat pengurangan signifikan penggunaan telefon pintar dalam kalangan pelajar apabila pensyarah menggunakan kaedah perkongsian skrin rawak. Pemantauan ini turut mendedahkan pelajar yang membuka platform media sosial atau tidak membuka perisian yang diarahkan pensyarah [5].

2.4 Model Teknologi Hibrid untuk Pemantauan Kehadiran Makmal dalam Talian

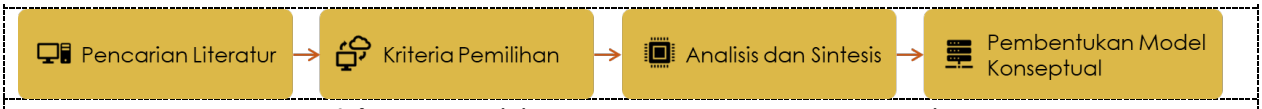
Gabungan beberapa teknologi pemantauan disebut sebagai model hibrid, yang mengintegrasikan proctoring AI, analitik LMS, pengecaman wajah dan pemantauan skrin. Model ini digunakan di institusi seperti Stanford, Tsinghua, University of Melbourne dan NTU [5]. Model hibrid bukan sahaja mengesahkan kehadiran pelajar secara visual, tetapi turut menilai penglibatan pelajar melalui data interaksi aplikasi dan penyelesaian tugasan. Penggunaan model hibrid ini menunjukkan peningkatan ketelusan penilaian serta keberkesanan pembelajaran praktikal dalam talian [2]. Selain itu, model ini dapat disesuaikan mengikut kemampuan institusi, menjadikannya lebih bersifat *scalable* dan relevan untuk masa hadapan.

2.5 Teori Penglibatan Pelajar dalam Pembelajaran Digital

Teori penglibatan pelajar menekankan kepentingan *active participation* dalam pembelajaran, bukan sekadar kehadiran pasif [9]. Dalam konteks makmal dalam talian, penglibatan pelajar bukan sahaja melibatkan kehadiran, tetapi interaksi langsung dengan perisian, penyelesaian masalah dan analisis output tugasan. Model penglibatan digital turut menyarankan penggunaan teknologi untuk meningkatkan motivasi, fokus, dan akauntabiliti pelajar [13]. Oleh itu, penggunaan sistem pemantauan kehadiran berbantukan teknologi dapat dianggap sebagai salah satu intervensi pedagogi untuk menyokong pelaksanaan teori penglibatan aktif dalam pembelajaran digital.

3. Metodologi

Kajian ini menggunakan kaedah tinjauan literatur berstruktur berasaskan sumber sekunder yang merangkumi artikel jurnal, dan prosiding akademik terkini. Kaedah ini dipilih kerana kajian menumpukan kepada mengenal pasti teknologi pengesanan yang digunakan dalam pembelajaran makmal dalam talian serta pembentukan kerangka konseptual berasaskan dapatan sedia ada. Melalui pendekatan ini, penyelidik dapat menganalisis amalan pelaksanaan teknologi di institusi pengajian tinggi, mengenal pasti kekuatan serta kekangan setiap teknologi, dan seterusnya membangunkan kerangka konseptual gabungan teknologi pengesanan kehadiran dan keterlibatan yang lebih berkesan. Kaedah tinjauan ini dijalankan melalui empat fasa utama, iaitu pencarian literatur berstruktur, kriteria pemilihan, analisis dan sintesis dapatan, serta pembentukan kerangka konseptual seperti ditunjukkan dalam Rajah 1:



Rajah 1. Fasa Pelaksanaan Tinjauan Literatur Berstruktur

3.1 Fasa Pencarian Literatur Berstruktur

Fasa pertama melibatkan pencarian sumber melalui pangkalan data utama seperti SpringerLink, IEEE Xplore, ScienceDirect, dan Google Scholar. Pemilihan pangkalan data ini adalah bagi memastikan pencarian yang meluas terhadap kajian berkaitan teknologi pengesanan dalam pendidikan, khususnya dalam konteks pembelajaran makmal secara dalam talian.

Bagi memastikan teknologi pemantauan yang dikaji adalah relevan dengan perkembangan semasa, carian dihadkan kepada artikel yang diterbitkan antara tahun 2021 hingga 2025. Proses pencarian dilaksanakan menggunakan kombinasi kata kunci yang dirancang terlebih dahulu berdasarkan objektif kajian dan konsep utama yang terlibat. Antara kata kunci yang digunakan termasuk: *"online lab monitoring", "student presence detection", "AI proctoring in education", "LMS analytics engagement", "face recognition attendance", "screen monitoring education",* dan *"digital learning participation*".

Selain itu, beberapa kriteria asas turut diterapkan semasa proses pencarian awal, seperti mengehadkan jenis dokumen kepada artikel jurnal dan prosiding persidangan akademik yang disemak rakan sebaya (*peer-reviewed*). Artikel yang diperoleh melalui fasa saringan awal (*initial screening*) bagi memastikan ianya relevan dengan fokus kajian. Artikel yang berpotensi relevan disenaraikan dan disimpan dalam folder khusus bagi mengelakkan pertindanan serta memudahkan proses penapisan seterusnya. Dapatan carian dari pelbagai pangkalan data turut disemak untuk mengenal pasti artikel yang berulang sebelum dibuang. Selain itu, kaedah rujukan silang (snowballing) digunakan dengan meneliti senarai rujukan artikel utama bagi mengenal pasti kajian tambahan yang relevan.

Hasil daripada fasa pencarian ini ialah satu set artikel yang telah disaring secara awal dan bersedia untuk melalui fasa seterusnya, iaitu penetapan kriteria pemilihan serta proses analisis dan sintesis dapatan.

3.2 Fasa Kriteria Pemilihan

Bagi memastikan literatur yang dianalisis menepati skop kajian dan meningkatkan kejelasan metodologi, kriteria inklusif dan eksklusif ditetapkan sebelum proses saringan dilakukan. Sebanyak 40 artikel dikenal pasti daripada fasa pencarian awal dan seterusnya melalui proses pemilihan berdasarkan kriteria berikut:

Kriteria inklusif merangkumi:

- Kajian yang membincangkan pemantauan kehadiran atau penglibatan pelajar dalam pembelajaran dalam talian.
- Kajian yang meneliti penggunaan teknologi seperti *proctoring* berasaskan AI*,* analitik LMS, pengecaman wajah atau pemantauan skrin.
- Artikel jurnal berindeks, atau prosiding akademik yang diterbitkan antara tahun 2021 hingga 2025.

Manakala kriteria eksklusif melibatkan:

- Kajian yang tidak melibatkan aktiviti makmal atau tugasan praktikal.
- Kajian yang melibatkan pelajar sekolah rendah atau menengah.
- Penyelidikan yang memfokuskan e-pembelajaran secara umum tanpa elemen pemantauan pelajar.
- Kajian yang tidak mengandungi ciri penggunaan teknologi pengesanan identiti atau interaksi tugasan.

Proses saringan dilakukan melalui semakan tajuk dan abstrak diikuti bacaan penuh bagi artikel yang memenuhi kriteria awal. Hanya artikel yang memenuhi kesemua kriteria inklusif dan tidak melanggar mana-mana kriteria eksklusif dikekalkan untuk dianalisis dalam fasa seterusnya. Ini bagi memastikan artikel yang dipilih adalah relevan dan menyokong pembentukan kerangka konseptual berkaitan pengesanan kehadiran dan penglibatan pelajar dalam pembelajaran makmal secara dalam talian.

3.3 Fasa Analisis dan Sintesis Literatur

Fasa ini melibatkan proses analisis mendalam terhadap teknologi yang digunakan bagi tujuan pemantauan kehadiran dan keberadaan pelajar dalam pembelajaran dalam talian di institusi pengajian tinggi. Analisis dilakukan dengan mengkategorikan setiap artikel kepada empat kumpulan teknologi utama seperti yang dikenal pasti dalam seksyen kajian literatur, iaitu proctoring berasaskan AI, analitik LMS, pengecaman wajah, dan pemantauan skrin.

Bagi setiap kategori teknologi, analisis dijalankan dari tiga dimensi: (i) fungsi dan cara pengesanan, (ii) faedah dan potensi peningkatan PdP, serta (iii) cabaran atau limitasi pelaksanaan dalam konteks pendidikan tinggi. Pendekatan ini membolehkan perbandingan yang jelas antara teknologi dan membantu menilai sejauh mana setiap teknologi dapat menyokong keperluan pemantauan kehadiran dan penglibatan pelajar secara sah.

Proses sintesis digunakan untuk menggabungkan dapatan analisis bagi mengenal pasti pola serta perbezaan antara teknologi. Melalui sintesis ini, beberapa jurang fungsional dikenal pasti, termasuk penemuan bahawa penggunaan teknologi secara tunggal tidak berupaya menangani isu kehadiran dan penglibatan secara menyeluruh. Ini dapat mengukuh keperluan pendekatan gabungan teknologi sebagai penyelesaian yang lebih berkesan.

3.4 Fasa Pembentukan Kerangka Konseptual

Berdasarkan dapatan analisis dan sintesis literatur, satu kerangka konseptual dapat dibangunkan sebagai cadangan awal berasaskan data sekunder. Kerangka ini dibangunkan untuk menyediakan pendekatan holistik dalam menilai keberadaan sah pelajar dan memastikan penglibatan aktif sepanjang sesi pembelajaran makmal dalam talian.

Kerangka yang dicadangkan mengandungi tiga komponen utama:

i. Gabungan teknologi pengesanan, yang melibatkan penggunaan serentak pelbagai teknologi bagi memastikan pengesanan kehadiran yang lebih tepat dan sah;

ii. Keterlibatan pelajar, yang merangkumi interaksi pelajar dengan perisian, tugasan, dan elemen aktiviti *hands-on*; dan

iii. Pembelajaran secara aktif, yang memastikan pelajar bukan sekadar hadir secara visual tetapi turut melaksanakan tugasan praktikal secara berterusan.

Kerangka konseptual ini berperanan sebagai asas bagi pembangunan model teknologi hibrid dalam fasa kajian seterusnya. Selain itu, ia menyediakan landasan awal untuk kajian empirikal akan datang yang melibatkan pengujian dalam konteks sebenar di institusi pengajian tinggi, bagi menilai keberkesanan pendekatan gabungan teknologi secara praktikal.

4. Hasil Analisis

Jadual 1 menunjukkan perbandingan teknologi pengesanan kehadiran yang digunapakai di beberapa institusi.

Jadual 1
Perbandingan Teknologi Pengesanan Kehadiran Di Institusi

Universiti	Negara	Teknologi Digunakan	Cara Pengesanan	Faedah	Cabaran
University of Melbourne	Australia	Proctorio + LMS Analytics	AI kamera + data log	Tingkat disiplin & analitik tepat	Privasi & kos tinggi
Stanford University	USA	Respondus + Examity	Eye-tracking + mic	Pantau pelajar pasif	Keperluan kamera HD
University of Malaya (UM)	Malaysia	Zoom Screen Check	Screen share rawak	Kurang pelajar guna telefon	Tidak sepenuhnya automatik
Nanyang Technological University (NTU)	Singapura	FaceID + LMS	Pengecaman wajah berterusan	Penglibatan aktif meningkat	Isu bias wajah
Tsinghua University	China	Smart AI Classroom	Multiple camera AI	Pemantauan automatik total	Kos operasi tinggi

Hasil analisis perbandingan teknologi menunjukkan bahawa setiap institusi menggunakan pendekatan yang berbeza dalam mengesan keberadaan pelajar semasa makmal dalam talian. Namun, semua institusi mempunyai tujuan yang sama iaitu memastikan pelajar hadir secara sah dan terlibat secara aktif melalui penggunaan komputer. Analisis mendapati penggunaan teknologi tunggal tidak dapat mengesahkan keberadaan dan penglibatan pelajar secara menyeluruh. Sebaliknya, setiap teknologi hanya menyelesaikan sebahagian daripada masalah seperti dalam Jadual 2 berikut.

Jadual 2
Kelemahan Pelaksanaan Teknologi Secara Tunggal

Teknologi	Masalah yang Diselesaikan	Kekurangan
Proctoring AI	Mengesan pelajar tidak berada di komputer (visual)	Tidak mengukur tahap penglibatan dalam tugas [5]
LMS Analytics	Mengukur interaksi data log & tugasan	Tidak menjamin pelajar berada di komputer [20]
Face Recognition	Menjamin kehadiran visual secara berterusan	Tidak mengesan interaksi perisian [19]
Screen Monitoring	Memastikan pelajar menggunakan perisian tertentu	Tidak mengesahkan identiti & log aktiviti [20]

5. Perbincangan

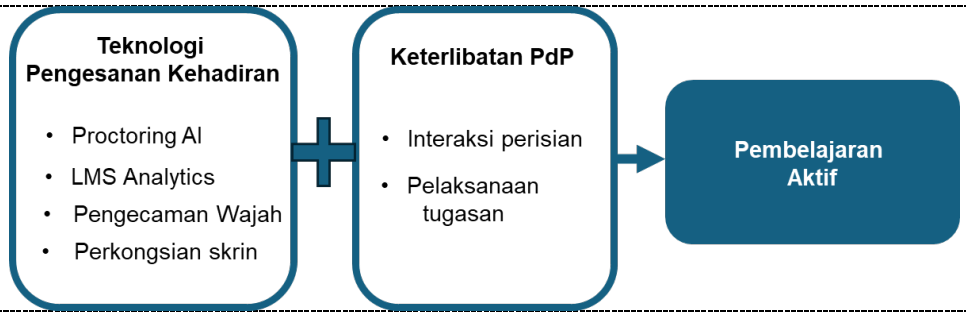
Dapatan kajian ini menunjukkan bahawa isu utama dalam pembelajaran makmal dalam talian bukan hanya menekankan kehadiran pelajar dalam kelas, tetapi keberadaan mereka di hadapan komputer untuk terlibat secara aktif melakukan aktiviti makmal secara praktikal. Penilaian keberadaan pelajar tidak boleh bergantung pada kehadiran maya semata-mata kerana status log masuk tidak membuktikan pelajar benar-benar melaksanakan latihan berbantukan perisian yang ditetapkan. Oleh itu, pengesanan kehadiran perlu merangkumi penglibatan pelajar melakukan interaksi dengan komputer, perisian, dan latihan pengaturcaraan atau simulasi. Justeru, pembentukan kerangka konseptual dalam kajian ini memberi penekanan kepada tiga aspek utama: gabungan teknologi pengesanan, keterlibatan pelajar, dan pembelajaran secara aktif.

Hubungan dapatan kajian dengan konsep pembelajaran makmal (Seksyen 2.1) menjelaskan keperluan pemantauan yang bersifat sah dan berpaksikan aktiviti hands-on. Pembelajaran makmal menekankan penguasaan kemahiran melalui interaksi langsung dengan perisian khusus, dan tidak boleh berlaku secara pasif [14]. Maka, keberadaan visual pelajar sahaja tidak memadai untuk menilai penyertaan mereka dalam latihan makmal. Dapatan kajian ini menyokong pandangan tersebut apabila institusi yang menyepadukan pemantauan penggunaan perisian melalui analitik LMS dan perkongsian skrin menunjukkan peningkatan disiplin pelajar kerana mereka perlu membuktikan penglibatan sebenar dalam tugasan. Ini membuktikan keperluan teknologi pemantauan tingkah laku perisian dalam memastikan pelajar benar-benar melaksanakan aktiviti makmal secara sah.

Seterusnya, dapatan kajian memperkukuh keperluan pengesanan kehadiran pelajar seperti yang dibincangkan dalam seksyen 2.2. Kajian lepas menunjukkan pencapaian pelajar menurun apabila mereka hadir tetapi tidak terlibat secara aktif serta tidak berinteraksi melakukan tugasan khusus. Justeru, pengesanan kehadiran dan interaksi tugasan perlu dilaksanakan secara berterusan sepanjang PdP berlangsung, dan tidak sekadar ketika log masuk [15]. Dapatan ini seiring dengan amalan institusi seperti NTU dan Tsinghua University yang melaksanakan pengecaman wajah secara berterusan di dalam kelas. Ini bagi memastikan individu yang melaksanakan tugasan ialah pelajar sebenar, sekali gus mengurangkan penipuan akademik dalam pelaksanaan makmal jarak jauh.

Sementara itu, analisis empat kategori teknologi yang dikupas dalam seksyen 2.3 membentuk justifikasi kepada kerangka konseptual kajian. Setiap teknologi memainkan peranan tersendiri iaitu *proctoring* AI memantau keberadaan visual dan tingkah laku pelajar [5][10], *LMS Analytics* mengukur penglibatan tugasan melalui data log [6], pengecaman wajah mengesahkan identiti pelajar sepanjang sesi [11], dan perkongsian skrin memastikan pelajar menggunakan perisian yang betul [6]. Namun begitu, biarpun pelbagai teknologi digunakan untuk mengesan kehadiran pelajar, setiap teknologi tersebut hanya dapat menyelesaikan sebahagian kecil isu berkaitan dengan kehadiran. Penggunaan

teknologi secara tunggal tidak berupaya mengesahkan kehadiran sebenar pelajar secara menyeluruh. Oleh itu, penggabungan kesemua teknologi ini berupaya meningkatkan pengesanan kehadiran secara lebih tepat dan berkesan dalam konteks pembelajaran makmal secara dalam talian. Rajah 2 menunjukkan kerangka konseptual yang terhasil.



Rajah 2. Kerangka konseptual pengesanan kehadiran ke makmal secara dalam talian

Akhir sekali, dapatan kajian ini mengukuhkan hubungan dengan Teori Penglibatan Pelajar dalam Pembelajaran Digital (seksyen 2.5). Teori ini menekankan kepentingan penglibatan aktif, bukan kehadiran maya yang pasif [9]. Pemantauan dalam talian tidak bertujuan untuk membeban pelajar, tetapi berfungsi sebagai strategi pedagogi untuk menyokong serta meningkatkan penglibatan pelajar secara sah dan aktif. Dengan memastikan pelajar hadir secara visual, disahkan identiti, dan dibuktikan mengendalikan tugasan praktikal secara langsung, kerangka konseptual ini mendorong penyertaan pelajar secara *hands on* dalam pembelajaran, dan tidak pasif mendengar maklumat daripada pensyarah. Oleh itu, kerangka yang dicadangkan diharap dapat membantu pelajar membentuk disiplin untuk belajar secara lebih aktif semasa makmal dalam talian.

6. Kesimpulan

Kajian ini menekankan bahawa keberkesanan pembelajaran makmal dalam talian bergantung bukan sahaja pada kehadiran pelajar dalam platform maya, tetapi turut memerlukan pengesahan keberadaan mereka secara aktif di hadapan komputer serta penglibatan langsung dalam aktiviti praktikal. Dapatan menunjukkan bahawa status log masuk tidak mencukupi untuk menilai penyertaan sebenar, justeru kehadiran perlu disokong dengan bukti interaksi pelajar terhadap perisian, tugasan pengaturcaraan, dan aktiviti *hands-on* [16][17].

Analisis terhadap empat kategori teknologi dalam kajian ini membuktikan bahawa setiap teknologi memiliki kekuatan tersendiri, namun secara individu tidak mampu menangani keseluruhan isu berkaitan kehadiran dan penglibatan pelajar. Penggabungan teknologi seperti *proctoring* berasaskan AI, analitik LMS, pengecaman wajah berterusan, dan perkongsian skrin menawarkan pendekatan yang lebih holistik dan sah dalam memantau interaksi pelajar sepanjang sesi makmal [18][19]. Melalui integrasi ini, kehadiran pelajar dapat dinilai secara lebih tepat, seterusnya mengurangkan risiko ketidakjujuran akademik serta memastikan pelaksanaan aktiviti makmal berlaku secara sah.

Kesimpulannya, kerangka konseptual yang dicadangkan dalam kajian ini menyediakan asas yang kukuh untuk meningkatkan keberkesanan pengesanan kehadiran dan penglibatan pelajar dalam pembelajaran makmal dalam talian. Penekanan terhadap penglibatan aktif, seperti yang diketengahkan melalui Teori Penglibatan Pelajar dalam pembelajaran digital, menyokong usaha institusi pendidikan untuk memperkukuh disiplin pelajar, meningkatkan kualiti pembelajaran praktikal, dan memastikan aktiviti makmal dijalankan secara lebih bermakna. Kerangka ini

diharapkan dapat dijadikan rujukan bagi pembangunan sistem pemantauan PdP yang lebih komprehensif, seiring dengan keperluan Revolusi Pendidikan 5.0 dan tuntutan ruang lingkup pembelajaran digital masa kini. Kajian pada masa hadapan perlu menjalankan pengujian keberkesanan kerangka ini secara empirikal dalam konteks pelaksanaan sebenar di institusi pengajian tinggi melalui pembangunan prototaip sistem serta data pemantauan dan persepsi pelajar.

Penghargaan
Penyelidikan ini mendapat tajaan daripada Universiti Islam Selangor.

Rujukan

[1] Johar, Nurul Atiqah, Si Na Kew, Zaidatun Tasir, and Elizabeth Koh. "Learning analytics on student engagement to enhance students' learning performance: A systematic review." *Sustainability* 15, no. 10 (2023): 7849. https://doi.org/10.3390/su15107849
[2] García-Ros, Gonzalo, and Iván Alhama. "Online laboratory practices and assessment using training and learning activities as teaching methodologies adapted to remote learning. Student satisfaction and improved academic performance." *Heliyon* 9, no. 9 (2023). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19742
[3] Vykopal, Jan, Valdemar Švábenský, Pavel Seda, and Pavel Čeleda. "Preventing cheating in hands-on lab assignments." In *Proceedings of the 53rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education-Volume 1*, pp. 78-84. 2022.https://doi.org/10.1145/3478431.3499420
[4] Lachake, C., T. Sapre, T. Ingle, S. Gadekar, and A. Ghule. "Review on Online Student Attendance System Chandni." *vol* 11: 464-468. https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.56522
[5] Han, Shengnan, Shahrokh Nikou, and Workneh Yilma Ayele. "Digital proctoring in higher education: a systematic literature review." *International Journal of Educational Management* 38, no. 1 (2024): 265-285. DOI 10.1108/IJEM-12-2022-0522
[6] Hetigan, Cj, F. Abrenica, Lolong L. Luisito, And Lebrias P. Raymond. "Leveraging Predictive Analytics on LMS Logs to Examine the Impact of Engagement on Academic Performance among College Students Enrolled in Centro Escolar University." *International Journal Of Research* 12 (2025): 563-573. DOI: 10.51244/ijrsi.2025.12010051
[7] Qiao, Xiaoyi, Xiangwei Zheng, Xiaofang Sun, Shuqin Li, and Yuang Zhang. "Learners' states monitoring method based on face recognition technology." *Procedia Computer Science* 202 (2022): 172-177. 10.1016/j.procs.2022.04.024
[8] Siregar, Eveline, Dwi Kusumawardani, and Eskawati Musyarofah Bunyamin. "Virtual laboratory for practical learning in vocational education using nine events of instruction approach." *Journal of Education Research and Evaluation* 6, no. 3 (2022): 457-467. https://doi.org/10.23887/jere.v6i3.47691
[9] Alruwais, Nuha, and Mohammed Zakariah. "Student-engagement detection in classroom using machine learning algorithm." *Electronics* 12, no. 3 (2023): 731. https://doi.org/10.3390/electronics12030731
[10] Abdelhadi, Zainab, Mohammed Naseif, Waad Alhejali, and Ahmed Elhayek. "TeacherEye: An AI-Powered System for Monitoring Student Engagement in Online Education." In *2025 22nd International Learning and Technology Conference (L&T)*, vol. 22, pp. 25-30. IEEE, 2025. 10.1109/LT64002.2025.10940905
[11] Firdous, Faisal, Saimul Bashir, Syed Zoofa Rufai, and Sanjeev Kumar. "Integration of Artificial Intelligence and Internet of Things Technology in Classroom Attendance Systems." In *2023 Seventh International Conference on Image Information Processing (ICIIP)*, pp. 271-276. IEEE, 2023. 10.1109/ICIIP61524.2023.10537709
[12] Ngulube, Patrick, and Mthokozisi Masumbika Ncube. "Leveraging Learning Analytics to Improve the User Experience of Learning Management Systems in Higher Education Institutions." *Information* 16, no. 5 (2025): 419. 10.3390/info16050419
[13] Setyosari, Punaji, Dedi Kuswandi, and Utami Widiati. "Reading Comprehension Skills: The Effect of Online Flipped Classroom Learning and Student Engagement During the COVID-19 Pandemic." *European Journal of Educational Research* 10, no. 4 (2021): 1613-1624. https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.4.1613
[14] Seery, Michael K., Hendra Y. Agustian, Frederik V. Christiansen, Bente Gammelgaard, and Rie H. Malm. "10 Guiding principles for learning in the laboratory." *Chemistry Education Research and Practice* 25, no. 2 (2024): 383-402. 10.1039/D3RP00245D
[15] Ibrahim, Zailani, Jehana Ermy Jamaluddin, Adzly Anuar, and Zolman Hari. "Investigating The Relationship Between Students' Performance And Engagement In Online Learning Platform." *European Proceedings of Finance and Economics*. https://doi.org/10.15405/epfe.23081.83
[16] Simon, Patricia D., Luke K. Fryer, and Kaori Nakao. "Assessing class participation in physical and virtual spaces: current approaches and issues." In *Frontiers in Education*, vol. 8, p. 1306568. Frontiers Media SA, 2024. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1306568

[17] Veerasamy, Ashok Kumar, Mikko-Jussi Laakso, and Daryl D'Souza. "Formative assessment tasks as indicators of student engagement for predicting at-risk students in programming courses." *Informatics in Education* 21, no. 2 (2022): 375-393. DOI: 10.15388/infedu.2022.15

[18] Wang, Pu, Yifeng Lin, and Tiesong Zhao. "Smart proctoring with automated anomaly detection." *Education and Information Technologies* 30, no. 7 (2025): 9269-9288. https://doi.org/10.1007/s10639-024-13189-7

[19] Somavarapu, Jahnavi, Saroj Kr Biswas, Biswajit Purkayastha, Barsha Abhisheka, and Tejaswi Potluri. "Advancements and Challenges in Fully Automated Online Proctoring Systems: A Comprehensive Survey of AI-Driven Solutions." In *International Conference on Smart Computing and Communication*, pp. 199-212. Singapore: Springer Nature Singapore, 2024. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1326-4_17