

SISTEM TOPU-KELAS : PEMANTAUAN KAWALAN PERSEKITARAN KELAS DENGAN TEKNIK IOT

TAUFIQ HAKIMI BIN MOHAMAD NAZRI

ROSILAH BINTI HASSAN

*Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

ABSTRAK

Walaupun kebanyakan bilik darjah tradisional masih mengamalkan kaedah pengurusan persekitaran secara manual, kaedah ini cenderung menyebabkan pembaziran tenaga dan kelemahan dari aspek keselamatan serta pemantauan kehadiran pelajar. Untuk menangani isu ini, satu sistem kelas pintar berasaskan Internet Benda (IoT) yang dinamakan TOPU-KELAS telah dibangunkan. Sistem ini terdiri daripada peranti *All-in-One* (AIO) berasaskan ESP32 yang dilengkapi dengan pelbagai sensor seperti suhu dan kelembapan, cahaya, bunyi, asap, pergerakan, kamera, dan modul cap jari. Data persekitaran akan dihantar secara masa nyata ke Firebase, manakala amaran keselamatan akan dipaparkan melalui Telegram. Pengguna dapat memantau keadaan kelas dan kehadiran pelajar melalui antara muka web yang responsif. Reka bentuk sistem ini juga menyokong penyesuaian automatik pencahayaan, suhu, dan notifikasi berdasarkan bacaan sensor. Metodologi pembangunan menggunakan model inkremental, manakala pengujian dijalankan dalam persekitaran simulasi kelas sebenar. Hasilnya, sistem ini berjaya menunjukkan keupayaan untuk beroperasi secara automatik dan menyampaikan data dengan tepat dan berkesan. TOPU-KELAS berpotensi untuk digunakan di institusi pendidikan sebagai inisiatif ke arah pengurusan pembelajaran dan tenaga yang lebih cekap.

Kata kunci: IoT, sistem kelas pintar, pemantauan persekitaran, keselamatan, Firebase, ESP32

PENGENALAN

Pengurusan persekitaran bilik darjah secara manual sering kali menjadi punca kepada pembaziran tenaga, kekurangan pemantauan keselamatan, dan kesukaran dalam merekod kehadiran pelajar secara efisien. Di dalam era pendidikan moden yang menekankan pembelajaran pintar dan berasaskan teknologi, keperluan terhadap sistem automatik yang mampu mengurus suasana bilik darjah secara cekap menjadi semakin kritikal. Justeru itu, satu sistem berasaskan Internet Benda yang dinamakan TOPU-KELAS telah dibangunkan sebagai solusi kepada isu-isu tersebut.

Sistem TOPU-KELAS direka khas untuk membantu pensyarah dan pentadbir memantau dan mengawal keadaan persekitaran bilik darjah secara automatik. Sistem ini

menggunakan peranti *All-in-One* (AIO) yang berasaskan ESP32 dan dilengkapi dengan pelbagai sensor termasuk sensor suhu dan kelembapan, sensor cahaya, bunyi, asap, pergerakan, kamera serta modul cap jari untuk merekod kehadiran pelajar. Melalui data yang dikumpul, sistem dapat menghantar notifikasi keselamatan terus ke Telegram dan memaparkan data secara masa nyata ke Firebase serta antara muka web mesra pengguna.

Keadaan bilik darjah yang tidak selesa seperti suhu terlalu panas, pencahayaan tidak mencukupi, atau kebisingan luar kawalan boleh menjejaskan tumpuan dan prestasi pelajar. Malah, ketiadaan sistem keselamatan automatik dalam bilik darjah mendedahkan pelajar dan guru kepada risiko sekiranya berlaku kecemasan seperti kebakaran atau pencerobohan. Dengan sistem TOPU-KELAS, semua data persekitaran dikawal secara pintar di mana lampu dan penghawa dingin boleh dimatikan secara automatik apabila tiada pelajar dikesan, sekaligus menjimatkan tenaga dan kos operasi.

Projek ini dibangunkan berdasarkan model pembangunan inkremental yang membolehkan setiap modul diuji dan ditambah baik secara berperingkat. Sistem ini juga menyokong pemantauan suhu, pencahayaan dan keselamatan kelas melalui satu antara muka web responsif yang boleh diakses oleh pentadbir dan pensyarah, serta menyediakan laporan kehadiran pelajar yang boleh dijana secara automatik.

Walaupun sistem ini dibangunkan untuk digunakan dalam persekitaran bilik darjah, ia berpotensi untuk diperluaskan ke ruang lain seperti makmal komputer, bilik kuliah, atau bilik seminar. Sistem ini tidak memerlukan perkakasan komputer berprestasi tinggi, kerana antara muka web yang digunakan boleh diakses melalui mana-mana komputer atau peranti mudah alih yang mempunyai sambungan internet.

Dengan pelaksanaan TOPU-KELAS, diharapkan sistem ini bukan sahaja dapat meningkatkan kecekapan pengurusan bilik darjah, tetapi juga menyumbang ke arah kelestarian tenaga serta meningkatkan tahap keselamatan dan keselesaan pelajar sepanjang sesi pembelajaran berlangsung.

METODOLOGI KAJIAN

Metodologi yang digunakan dalam pembangunan projek ini ialah model pembangunan inkremental, yang menggunakan pendekatan berperingkat dalam pembangunan sistem. Setiap fungsi dan modul sistem dibangunkan secara berasingan, yang kemudiannya diuji dan digabungkan secara beransur-ansur menjadi satu sistem lengkap. Model ini dipilih kerana ia fleksibel, mengurangkan risiko keseluruhan projek, dan membolehkan pengujian awal dilakukan ke atas setiap komponen sebelum integrasi akhir dijalankan.

Fasa analisis

Fasa ini memberi tumpuan kepada analisis keperluan sistem yang merangkumi keperluan fungsian seperti pemantauan suhu, pencahayaan dan kehadiran pelajar secara automatik, serta keperluan bukan fungsian seperti kebolehgunaan, keselamatan dan kebolehpercayaan sistem.

Keperluan-keperluan ini diperoleh hasil perbincangan bersama penyelia dan merujuk kepada keperluan semasa persekitaran pembelajaran moden di bilik darjah. Sorotan literatur turut dijalankan terhadap sistem kelas pintar sedia ada seperti di UiTM, Rutgers dan Ningxia University, bagi mengenal pasti ciri dan penambahbaikan yang boleh diadaptasi dalam projek ini.

Fasa reka bentuk

Fasa reka bentuk bertujuan membangunkan seni bina sistem secara keseluruhan. Dalam fasa ini, reka bentuk seni bina sistem berasaskan model Klien-Pelayan dan MVC, reka bentuk pangkalan data menggunakan Firestore, rajah alir dan algoritma bagi logik kawalan sensor, serta reka bentuk antara muka web pengguna telah dibangunkan. Semua elemen ini direka bagi memastikan sistem mesra pengguna dan dapat berfungsi dengan cekap dalam memantau serta mengawal keadaan persekitaran kelas.

Fasa pelaksanaan

Fasa ini merupakan fasa utama pembangunan di mana sistem TOPU-KELAS dibangunkan sepenuhnya. Ia melibatkan pemasangan pelbagai sensor IoT pada papan ESP32 seperti sensor suhu dan kelembapan, cahaya, bunyi, asap, pergerakan, kamera, dan modul cap jari. Kod aturcara bagi setiap sensor ditulis menggunakan Arduino IDE, manakala antara muka web dibangunkan menggunakan Visual Studio Code dengan sambungan ke pangkalan data Firebase. Modul-modul yang dibangunkan diuji secara individu sebelum diintegrasikan ke dalam sistem penuh.

Fasa pengujian

Fasa ini dijalankan bagi memastikan sistem TOPU-KELAS berfungsi seperti yang diharapkan, serta dapat mengenal pasti sebarang kelemahan atau ralat sistem sebelum digunakan dalam persekitaran sebenar. Pengujian merangkumi ujian fungsian, seperti pengesanan suhu dan cahaya secara automatik, paparan data sensor di web, notifikasi kecemasan melalui Telegram, serta penjanaan laporan kehadiran. Setiap modul diuji mengikut kes guna yang telah ditentukan dan ditilai berdasarkan kriteria lulus/gagal.

Data daripada ujian fungsian direkodkan dan dianalisis secara manual untuk memastikan ketepatan sistem dalam menanggapi perubahan persekitaran. Selain itu, pengujian kebolehgunaan turut dijalankan terhadap antaramuka web bagi mendapatkan maklum balas awal daripada pengguna berpotensi tentang reka bentuk, kefungsian, dan tahap kemudahan penggunaan sistem. Penilaian prestasi keseluruhan sistem berdasarkan hasil ujian menunjukkan bahawa sistem mampu memantau persekitaran secara automatik, menyimpan dan memaparkan data dengan tepat, serta menghantar notifikasi keselamatan dalam masa nyata, selaras dengan objektif projek yang ditetapkan.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

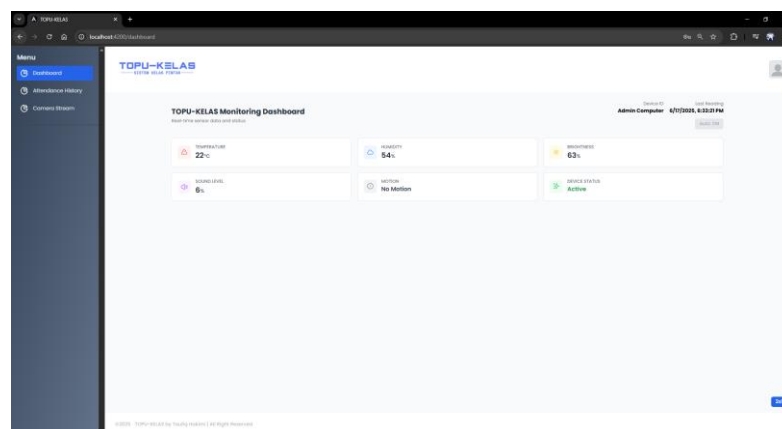
Sistem TOPU-KELAS telah berjaya dibangunkan dan semua dokumentasi berkaitan projek ini telah dilengkapi. Semasa proses pembangunan, sistem ini direka bentuk menggunakan papan mikropengawal ESP32 yang diprogramkan dalam persekitaran Arduino IDE, manakala antaramuka web dibangunkan menggunakan Visual Studio Code. Data daripada pelbagai sensor dihantar ke pangkalan data awan Firebase Firestore untuk paparan masa nyata dan penyimpanan automatik. Sistem ini juga mengintegrasikan notifikasi Telegram untuk menghantar amaran kecemasan secara automatik.

Apabila sistem diaktifkan, pelbagai sensor akan berfungsi secara serentak bagi memantau persekitaran bilik darjah seperti suhu, kelembapan, bunyi, cahaya, asap dan pergerakan. Paparan antara muka web bagi sistem ini membolehkan pengguna melihat bacaan sensor secara masa nyata serta mengurus kehadiran pelajar melalui modul cap jari. Rajah 1 menunjukkan peranti AIO lengkap dengan sensor-sensor utama dan juga modul cap jari.



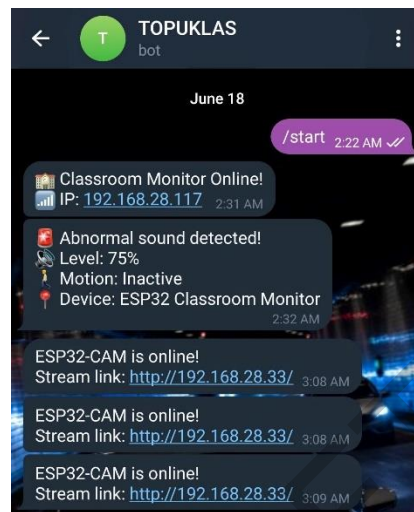
Rajah 1 Peranti AIO dan Modul Cap Jari

Seterusnya, data yang dikumpul oleh sistem akan dihantar ke Firebase dan dipaparkan di antara muka web. Antaramuka ini juga menyediakan fungsi untuk semakan kehadiran pelajar. Rajah 2 menunjukkan contoh paparan antaramuka web sistem TOPU-KELAS.



Rajah 2 Antaramuka Web Paparan Data Sensor Masa Nyata

Bagi notifikasi kecemasan, sistem ini mampu menghantar maklumat ke Telegram apabila berlaku insiden seperti pengesanan asap atau pergerakan luar biasa. Rajah 3 menunjukkan mesej notifikasi yang diterima oleh pengguna melalui Telegram.



Rajah 3 Contoh Notifikasi Amaran Dihantar ke Telegram

Sistem ini turut dilengkapi dengan modul cap jari yang digunakan untuk merekod kehadiran pelajar secara automatik. Setiap cap jari yang berjaya diimbis akan menyimpan data kehadiran pelajar ke dalam Firebase serta memaparkan maklumat pelajar dalam paparan web. Rajah 4 menunjukkan paparan kehadiran pelajar.



Rajah 4 Paparan Rekod Kehadiran Berdasarkan Cap Jari

Pengujian Kebolehgunaan

Pengujian kebolehgunaan merupakan proses penting dalam menilai kefungsiian dan kestabilan sistem daripada sudut pandangan pengguna sebenar. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahawa sistem TOPU-KELAS dapat beroperasi mengikut spesifikasi dan menyediakan pengalaman pengguna yang memuaskan. Semua senario pengujian berjaya dilaksanakan dengan hasil yang konsisten dan memenuhi jangkaan asal. Sistem menunjukkan kestabilan selepas diuji dalam tempoh operasi berterusan selama beberapa jam. Komponen seperti integrasi sensor, komunikasi rangkaian, penghantaran amaran, paparan data di antara

muka web serta pengesanan kehadiran pelajar berfungsi tanpa sebarang isu kritikal. Jadual 1 berikut menunjukkan keputusan penuh pengujian yang dilaksanakan berdasarkan kes guna yang telah ditetapkan.

Jadual 1: Kes Guna Hasil Pengujian Kebolegunaan Sistem TOPU-KELAS

ID Pengujian	ID Prosedur	Pengujian	Jangkaan Pengujian	Hasil Sebenar Pengujian	Status Pengujian
TC-01	TP-01-01	Buka halaman log masuk	Halaman log masuk dipaparkan	Halaman log masuk berjaya dipaparkan	Lulus
	TP-01-02	Masukkan emel & kata laluan betul	Borang diisi dan diterima sistem	Borang diterima dan diproses dengan betul	Lulus
	TP-01-03	Klik "Sign In"	Akses berjaya ke dashboard utama	Pengguna dibawa ke halaman dashboard utama	Lulus
	TP-01-04	Input salah	Paparan "Login Error"	Mesej "Login Error" muncul seperti dijangka	Lulus
TC-02	TP-02-01	Paparan data sensor di dashboard	Data suhu, cahaya, gerakan dipaparkan secara langsung	Semua data sensor dipaparkan dalam masa nyata	Lulus
TC-03	TP-03-01	Klik tab "Attendance History"	Paparan rekod kehadiran ditunjukkan	Rekod kehadiran berjaya dipaparkan	Lulus
TC-04	TP-04-01	Klik tab "Camera Stream"	Paparan penstriman ESP32-CAM dipaparkan	Penstriman kamera dipaparkan melalui pautan IP	Lulus
TC-05	TP-05-01	Klik "Logout"	Pengguna dibawa ke halaman log masuk semula	Log keluar berjaya, dan paparan kembali ke log masuk	Lulus
TC-06	TP-06-01	Ujian suhu melebihi 35°C	Relay kipas diaktifkan secara automatik	Relay kipas berfungsi seperti dijangka	Lulus
TC-07	TP-07-01	Ujian bunyi abnormal	Mesej amaran dihantar ke Telegram	Sistem menghantar amaran bunyi dengan tepat	Lulus
TC-08	TP-08-01	Kehadiran asap/gas	Mesej amaran kebakaran dihantar ke Telegram	Amaran kebakaran diterima di Telegram	Lulus
	TP-08-02	Kecerahan cahaya berkurangan	Relay lampu diaktifkan	Lampu dihidupkan secara	Lulus

			secara otomatis	otomatis mengikut logik LDR	
TC-09	TP-09-01	Daftar cap jari	Jari berjaya didaftarkan ke modul	Modul berjaya menyimpan cap jari	Lulus
	TP-09-02	Simpan ID cap jari	ID disimpan ke memori sensor	ID berjaya disimpan dengan nilai unik	Lulus
TC-10	TP-10-01	Imbas cap jari pengguna berdaftar	Sistem mencari ID dan rekod kehadiran di Firestore	Kehadiran direkod dalam sistem	Lulus
	TP-10-02	Imbas jari pengguna tidak berdaftar	Tiada log kehadiran direkod	Sistem mengabaikan cap jari tidak sah	Lulus
TC-11	TP-11-01	Kamera aktif & hantar pautan IP	Pengguna menerima pautan kamera melalui Telegram	Pautan IP berjaya dihantar ke Telegram	Lulus
	TP-11-02	Akses pautan kamera	Paparan video masa nyata ditunjukkan	Penstriman kamera berfungsi seperti dijangka	Lulus
	TP-11-03	Kamera tidak aktif	Paparan gelap dipaparkan di antara muka web	Antaramuka menunjukkan ruang tontonan gelap	Lulus

Berdasarkan keputusan pengujian yang dijalankan, sistem TOPU-KELAS berjaya melaksanakan semua fungsi utama dengan berkesan dan konsisten. Data persekitaran seperti suhu, cahaya, bunyi dan gerakan dapat direkod serta dipaparkan secara masa nyata melalui antara muka web yang stabil dan mesra pengguna. Notifikasi kecemasan juga terbukti berfungsi dengan baik apabila mesej amaran dihantar ke Telegram dalam masa kurang daripada dua saat. Selain itu, modul kehadiran berasaskan cap jari dapat mengenal pasti pelajar dengan tepat dan menyimpan data ke Firebase tanpa sebarang isu. Pengujian menyeluruh menunjukkan bahawa semua komponen sistem daripada sensor hingga ke antaramuka dan integrasi awan, beroperasi secara baik dan menepati spesifikasi yang telah ditetapkan.

Cadangan Penambahbaikan

Berdasarkan hasil pengujian, beberapa penambahbaikan dicadangkan bagi meningkatkan prestasi dan kebolehgunaan TOPU-KELAS pada masa hadapan. Antaranya ialah membangunkan versi aplikasi mudah alih untuk kawalan yang lebih fleksibel, serta menambah fungsi log masuk pengguna yang membezakan akses antara pelajar, pensyarah dan pentadbir. Selain itu, integrasi teknologi kecerdasan buatan boleh dipertimbangkan untuk tujuan pemantauan automatik bilik darjah, seperti mengenal pasti kehadiran pelajar melalui

pengesanan wajah atau mengesan aktiviti luar biasa secara pintar. Ini bukan sahaja dapat meningkatkan kecekapan sistem, malah mampu mengurangkan kebergantungan terhadap pengawasan manual dan mempercepatkan tindak balas terhadap insiden yang berlaku di dalam kelas.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, sistem TOPU-KELAS telah berjaya dibangunkan berdasarkan keperluan dan objektif projek yang telah ditetapkan. Semua fungsi utama seperti pemantauan persekitaran bilik darjah secara masa nyata, pengurusan kehadiran pelajar berasaskan cap jari, serta penghantaran notifikasi kecemasan ke Telegram telah dilaksanakan dengan berkesan. Walaupun terdapat beberapa cabaran sepanjang pembangunan sistem ini, seperti isu integrasi sensor dan konfigurasi Firebase, semuanya berjaya diatasi melalui pendekatan penyelesaian masalah secara sistematik. Diharapkan sistem ini dapat menjadi asas rujukan bagi kajian dan pembangunan sistem pembelajaran pintar yang lebih maju pada masa akan datang.

Kekuatan Sistem

Kekuatan utama sistem TOPU-KELAS terletak pada keupayaannya memantau dan mengawal persekitaran kelas secara automatik menggunakan pelbagai sensor, serta keupayaan menyimpan data secara awan melalui Firebase. Data yang dipaparkan adalah masa nyata dan boleh diakses melalui antara muka web yang mesra pengguna tanpa memerlukan spesifikasi peranti yang tinggi. Selain itu, integrasi dengan platform Telegram menjadikan sistem ini responsif terhadap kejadian kecemasan seperti pengesanan asap atau bunyi abnormal. Dari aspek pembangunan, penggunaan ESP32 sebagai nod utama memberikan kestabilan dan fleksibiliti kepada sistem, manakala pangkalan data awan memastikan kebolehskalaan sistem dapat dicapai dengan mudah.

Kelemahan Sistem

Namun begitu, sistem ini mempunyai beberapa kelemahan yang boleh diperbaiki. Antaranya ialah kebergantungan terhadap sambungan internet yang stabil, khususnya sambungan 2.4GHz sahaja memandangkan modul Wi-Fi ESP32 yang digunakan tidak menyokong jalur 5GHz. Terdapat juga sedikit kelewatan dalam komunikasi antara modul dan antara muka web yang kadangkala berlaku akibat isu teknikal ini. Dari segi antara muka, walaupun fungsi log masuk pengguna telah berjaya dibangunkan, sistem masih boleh dipertingkatkan dengan menambah peranan akaun berbeza seperti pentadbir dan pengguna biasa. Selain itu, antara muka web kini hanya boleh diakses melalui pelayar dan dicadangkan agar ia ditukar menjadi aplikasi mudah alih agar pengguna dapat mengakses sistem ini dengan lebih mudah di mana-mana sahaja menggunakan telefon pintar.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada Prof. Rosilah Binti Hassan, selaku penyelia projek ini, atas segala tunjuk ajar, bimbingan, dorongan, serta sokongan yang telah diberikan sepanjang tempoh pelaksanaan projek ini. Segala panduan dan nasihat yang dikongsikan amat bernilai dan telah banyak membantu dalam memastikan kejayaan projek ini. Seterusnya, penulis juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat secara langsung mahupun tidak langsung dalam menjayakan projek ini, termasuk rakan-rakan, pensyarah, dan ahli keluarga yang sentiasa memberi sokongan moral dan bantuan teknikal. Segala sumbangan yang telah diberikan amat dihargai. Semoga segala jasa baik dan keikhlasan mereka mendapat ganjaran dan keberkatan daripada tuhan.

RUJUKAN

- Burunkaya, M. & Duraklar, K. 2022. Design and implementation of an IoT-based smart classroom incubator. *Applied Sciences* 12(4): 2233. <https://doi.org/10.3390/app12042233> (12 Mei 2025).
- Chan, E. K. F., Othman, M. A. & Abdul Razak, M. A. 2017. IoT based smart classroom system. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)* 9(3–9): 95–101. <https://jtec.utem.edu.my/jtec/article/view/3132> (23 Mac 2025).
- Ghashim, I. A. & Arshad, M. 2023. Internet of Things (IoT)-based teaching and learning: Modern trends and open challenges. *Sustainability* 15(21): 15656. <https://doi.org/10.3390/su152115656> (9 April 2025).
- Hussein, A. H. 2019. Internet of Things (IoT): Research challenges and future applications. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 10(6): 77–80. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100610> (23 April 2025).
- Kamel, S., Alshaikh, M. A., Alotaibi, R. & Yousif, R. 2022. An IoT-based fire safety management system for educational buildings: A case study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)* 13(7): 697–704. https://thesai.org/Downloads/Volume13No7/Paper_89_An_IoT_based_Fire_Safety_Management_System.pdf (28 Januari 2025).
- Li, B. & Yu, J. 2011. Research and application on the smart home based on component technologies and Internet of Things. *Procedia Engineering* 15: 2087–2092. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.390> (12 Mei 2025).
- Nguyen, V. D., Pham, T. A. & Do, H. T. 2022. Internet of Things-based intelligent attendance system: Framework, practice implementation, and application. *Electronics* 11(19): 3151. <https://doi.org/10.3390/electronics11193151> (12 Februari 2025).

Taufiq Hakimi Bin Mohamad Nazri (A200012)

Prof. Rosilah Binti Hassan

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia