

Makalah Penelitian

Analisis Deteksi Kecurangan Ujian Online Dengan Sistem Pakar Berbasis Event Browser Tanpa Kamera (*Studi Kasus Penyelenggara Olimpiade Sains Digniti*)

Ade Surya Bakti Pane¹, Harmiati Bungsu Bangun², Astri Mutia Rahma³, Erbin Sitorus⁴, Rian Farta Wijaya⁵, Zulham Sitorus⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universitas Pembangunan Panca Budi

¹adesbpane@gmail.com, ²mia@pancabudi.ac.id, ³astrimutyarahma@gmail.com, ⁴erbinsitorus1@gmail.com, ⁵rianfartawijaya@dosen.pancabudi.ac.id, ⁶zulhamsitorus@dosen.pancabudi.ac.id

Corresponding Author: Ade Surya Bakti Pane

ABSTRACT

The implementation of online exams differs significantly from exams supervised directly by proctors. Participants' body movements and interactions can be easily read. Even with camera monitoring, participants can still easily switch browser tabs or open applications on their devices. On the other hand, camera-based proctoring solutions can also raise invasive privacy concerns. Furthermore, device limitations can hinder someone from taking the exam due to the lack of a camera, and bandwidth limitations can result in unstable connections during the exam. Sample log activity data from test participants for log_id ranges from 44790 to 46883, while the actions consist of fullscreen_exit, context_switch, standby_log, focus_return, fullscreen_enter, and devtools_open. The results and rules of this test have scores, with each result having an average value of 1, and the rules having an average value of 1-10. In this process, experts assess each detection result using a binary scheme: a score of 1 is given if the expert system's conclusion matches the expert's decision, and a score of 0 is given if the expert system's decision does not match the expert's decision. This study proposes an expert system framework with a cameraless forward chaining method running on the Google Chrome browser (desktop and Android) as decision support. The system utilizes browser event telemetry (visibility changes, fullscreen, standby) that aligns with existing policies, such as mandatory fullscreen mode, copy/paste blocking, and question blurring when exiting fullscreen or a visibility change occurs. This can generate an audit trail that can be audited by decision makers.

Keywords: Online Exams, Cheating Detection, Expert System, Forward Chaining, Browser Events, Non-invasive Proctoring

ABSTRACT

Pelaksanaan ujian online berbeda jauh dengan ujian yang diawasi langsung oleh para pengawas, gerakan tubuh dan interaksi para peserta dapat mudah dibaca. Walaupun sudah dilakukan pengawasan dengan kamera peserta masih mudah berpindah tab pada browser atau membuka aplikasi di perangkat mereka. Di sisi lain solusi pengawasan berbasis kamera dapat juga memicu isu privasi yang bersifat *invasive*, selain itu keterbatasan perangkat dapat menjadi hambatan seseorang untuk mengikuti ujian karena tidak memiliki kamera, serta keterbatasan *bandwidth* dapat mengakibatkan koneksi yang tidak stabil ketika melaksanakan ujian. Data sampel log activity dari peserta ujian untuk log_id dari nilai 44790 sampai 46883, sedangkan action nya terdiri dari fullscreen_exit, context_switch, standby_log, focus_return, fullscreen_enter dan devtools_open. Bagian hasil dan rule dari pengujian ini memiliki nilai dari masing-masing hasil memiliki rata-rata nilai 1 dan rule memiliki nilai rata-rata 1-10. Dalam proses ini, pakar memberikan penilaian terhadap setiap hasil deteksi dengan skema biner, yakni nilai 1 diberikan apabila kesimpulan sistem pakar sama dengan keputusan pakar dan nilai 0 diberikan apabila sistem pakar tidak sama dengan keputusan pakar. Penelitian ini mengusulkan kerangka sistem pakar dengan metode *forward chaining* tanpa kamera yang berjalan pada browser *Google Chrome* (*desktop* dan *Android*) sebagai pendukung keputusan. Sistem memanfaatkan telemetri *event browser* (perubahan visibilitas dan *fullscreen*, *standby*) yang sudah selaras dengan kebijakan yang sudah berjalan, seperti wajib *fullscreen*, pemblokiran *copy/paste*, dan diburamkannya soal saat keluar *fullscreen* atau terjadi *visibility change* yang dapat menghasilkan audit trail yang dapat diaudit untuk pengambil kebijakan.

Kata Kunci: Ujian Online, Deteksi Kecurangan, Sistem Pakar, Forward Chaining, Event Browser, Non-invasive Proctoring

1. PENDAHULUAN



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Pesatnya perkembangan teknologi informasi di dunia pendidikan dibuktikan dengan semakin mudahnya penyelenggaraan kegiatan akademik seperti ujian, asesmen, dan olimpiade sains yang sekarang ini tidak lagi dibatasi oleh lokasi. Ujian secara *online* dapat diikuti oleh para peserta dari berbagai daerah bahkan bukan dari negara yang sama. Dampak dari penggunaan metode ini sangat dirasakan oleh peserta dan penyelenggara ujian.

Kemudahan ini bersamaan memunculkan tantangan baru, salah satunya yakni meningkatnya potensi kecurangan dalam praktik ujian online. Bentuk kecurangan ujian online yang menggunakan browser dapat berupa berpindah-pindah tab, membuka catatan, bahkan dapat dengan mudah menggunakan salah satu aplikasi AI dengan cara meninggalkan halaman ujian. Kondisi ini dapat menurunkan integritas dari hasil ujian dan kepercayaan terhadap penyelenggara ujian.

Solusi sudah banyak diterapkan ialah dengan penggunaan sistem *proctoring* berbasis kamera dan *audio*. Sistem yang memanfaatkan *computer vision* dan *speech analysis* untuk memantau aktivitas peserta. Namun, pendekatan ini menimbulkan beberapa masalah:

1. Isu privasi dan etika karena pengawasan berbasis kamera dianggap terlalu *invasive*.
Perundang-undangan di Indonesia mengatur tentang penggunaan data pribadi, yakni berada pada UU Nomor 27 Tahun 2022 tentang perlindungan data pribadi yang menyatakan setiap individu berhak atas perlindungan data pribadinya yang berhubungan dengan seluruh proses pengumpulan, penyimpanan, dan pemanfaatan data secara digital. Dalam konteks ini, sistem *proctoring* yang menggunakan metode *visual analysis* seperti *face-tracking* dan *eye-movement detection* dengan memanfaatkan pengenalan wajah (*facial recognition*) dapat menimbulkan isu persoalan etika dan privasi. Penggunaan metode ini dapat dikategorikan sebagai pemrosesan data biometrik, dimana menurut UU PDP termasuk dalam data pribadi sensitif dan memiliki potensi risiko tinggi apabila tidak dikelola dengan benar. Secara etika, sistem pengawasan berbasis kamera dianggap *invasive*, karena:
 - a. Menyimpan data biometrik dari wajah para peserta tanpa jaminan keamanan dan transparansi pengelolaan.
 - b. Penggunaan data dapat mengalami penyalahgunaan, penggunaan ulang (*repurposing*) tanpa persetujuan eksplisit dari peserta.

Dari 2 alasan teknis ini, pendekatan pengawasan dengan menggunakan kamera tidak hanya dapat menimbulkan persoalan teknis, tetapi terkait dengan hak privasi dan perlindungan data pribadi peserta ujian online.

2. Kebutuhan bandwidth besar tidak selalu tersedia pada setiap peserta
Para peserta yang memiliki batasan internet, terkhusus pada daerah terpencil yang masih sangat terbatas untuk mendapatkan akses internet, menjadikan sistem *proctoring* menjadi isu utama. Penggunaan *streaming* kamera secara *real-time* membutuhkan bandwidth upload yang besar dan stabil. Jika kapasitas upload tidak tercukupi, maka hanya akan menjadikan *latency* peserta menjadi tinggi saat ujian berlangsung, yang mengakibatkan seperti *lag* jaringan, bahkan bisa mengalami kendala saat menjawab soal-soal saat ujian.
3. Penggunaan sumber *resource* (CPU dan RAM) yang besar
Proses komputasi yang tinggi akan terjadi jika menerapkan sistem *proctoring* berbasis kamera. Analisis deteksi wajah, pelacakan gerakan mata, serta analisis perilaku visual secara *real-time* sudah dipastikan membutuhkan *resource* yang besar. Proses ini harus dilakukan selama ujian berlangsung, sehingga akan mengonsumsi CPU dan RAM dalam jumlah besar, baik di sisi peserta maupun *server* penyelenggara. Kegagalan dalam hal penyediaan *resource*



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

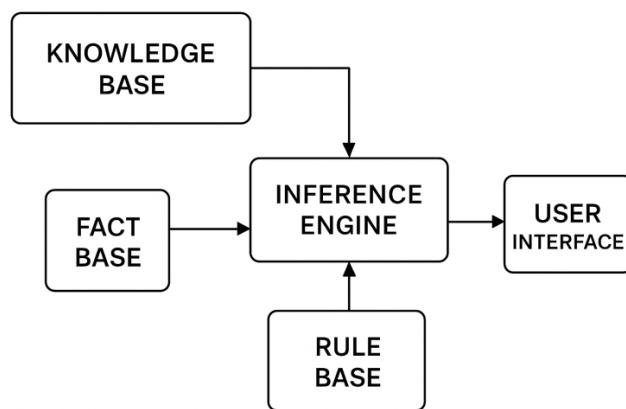
besar ini akan mengakibatkan penurunan performa karena pengaruh *queue* dari video dan audio *processing* yang terjadi di server. Dampak terburuk dapat membuat server crash atau paling tidak membuat halaman ujian susah untuk diakses, sementara pada sisi peserta dapat mengakibatkan browser crash.

Sistem pakar merupakan salah satu cabang kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) yang mana prosesnya adalah meniru cara berpikir dan pengambilan keputusan seorang ahli (pakar) dalam menyelesaikan permasalahan. Alur kerja sistem ini memiliki beberapa komponen utama yang bekerja secara simultan untuk menganalisis data, menerapkan aturan, dan memberikan kesimpulan.

Penggunaan sistem pakar tidak ditujukan untuk menggantikan peran para ahli. Dalam konteks penelitian ini pakar yang berperan adalah pengawas ujian dari penyelenggaraan Olimpiade Sains Digniti. Peran utama para pengawas tetap dibutuhkan, hal ini karena tidak semua permasalahan kompleks dapat sepenuhnya diatasi oleh sistem. Sehingga sistem pakar berfungsi sebagai *tools* yang mendukung proses para ahli, terutama untuk menghadapi ujian dengan skala besar yang jumlah peserta mencapai hingga ribuan dalam satu sesi ujian.

Sistem mendeteksi kecurangan yang dikembangkan menggunakan metode *forward chaining* dirancang untuk melengkapi aplikasi ujian online. Melalui metode ini, mesin inferensi akan melakukan penalaran secara bertahap berdasarkan fakta-fakta yang diperoleh dari observasi aktivitas peserta pada browser. Fakta-fakta tersebut kemudian dicocokkan dengan aturan yang tersimpan dalam *knowledge base* melalui mesin inferensi. Proses ini memungkinkan sistem menghasilkan kesimpulan awal mengenai potensi pelanggaran yang terjadi.

Kesimpulan yang dihasilkan sistem selanjutnya dapat menjadi pendukung keputusan yang dapat membantu pengawas dalam menentukan kebijakan yang tepat. Sehingga mendikan sistem pakar berfungsi sebagai pendamping yang meningkatkan efektivitas, konsistensi, dan kecepatan pengawasan, tanpa menghilangkan fungsi pengambilan keputusan oleh pengawas manusia.



Gambar 1. Komponen sistem Pakar

Komponen utama sistem pakar meliputi:

1. Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)

Berisi kumpulan fakta dan aturan (*IF-THEN rules*) yang merepresentasikan pengetahuan pakar. Dalam penelitian ini, basis pengetahuan berisi pola event yang menunjukkan indikasi perilaku curang.

2. Basis Fakta (*Fact Base / Working Memory*)



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Menyimpan data sementara yang diambil dari log event browser peserta ujian (misalnya *fullscreen_exit*, *context_switch*, *standby_log*).

3. Mesin Inferensi (*Inference Engine*)

Komponen utama yang melakukan penalaran menggunakan metode *forward chaining*, yaitu menelusuri aturan secara berurutan dari fakta menuju kesimpulan.

4. Antarmuka Pengguna (*User Interface*)

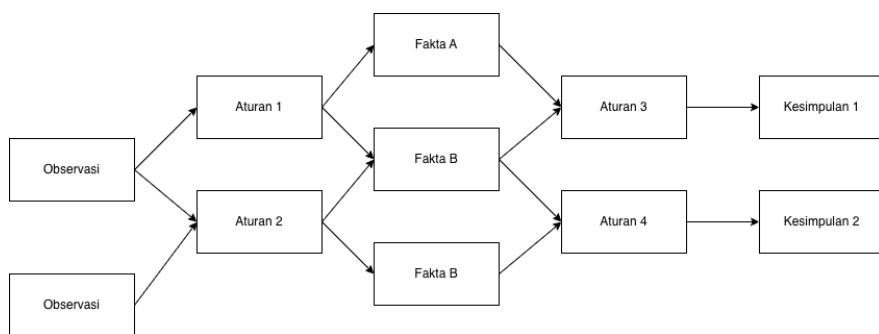
Menyediakan tampilan hasil inferensi kepada pengawas dalam bentuk tingkat pelanggaran dan audit trail.

5. Fasilitas Penjelasan (*Explanation Facility*)

Menjelaskan kepada pengguna bagaimana suatu keputusan (indikasi pelanggaran) diperoleh berdasarkan aturan yang diterapkan.

Mesin inferensi merupakan elemen inti dalam sebuah sistem pakar karena bagian inilah yang menjalankan proses penalaran layaknya seorang ahli ketika menghadapi suatu persoalan. Melalui mesin ini, sistem mampu memproses fakta, menghubungkannya dengan aturan yang ada, dan kemudian menghasilkan keputusan atau kesimpulan yang paling tepat.

Dalam sistem pakar, proses penalaran umumnya dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu *Forward Chaining* dan *Backward Chaining*. *Forward Chaining* bekerja dengan memanfaatkan fakta-fakta awal sebagai titik mulai, lalu secara bertahap menelusuri aturan yang cocok hingga terbentuk kesimpulan baru. Pendekatan ini bersifat berbasis data karena alurnya bergerak maju mengikuti informasi yang tersedia. Tahapan kerja metode *Forward Chaining* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Langkah Forward Chaining

Metode *forward chaining* sudah banyak digunakan dalam berbagai penelitian sistem pakar, karena metode ini memiliki *data-driven*, sehingga dianggap mampu menalar fakta secara bertahap menuju suatu kesimpulan. Bidang penelitian menggunakan metode ini juga tidak sedikit seperti kesehatan manusia, pertanian, hingga peternakan. Beberapa penelitian terakhir yang menggunakan forward chaining seperti:

Pengembangan sistem pakar berbasis web untuk mendiagnosa penyakit mata menggunakan pendekatan *forward chaining*. Sistem ini bekerja dengan memetakan gejala yang diinput pengguna ke dalam aturan pakar sehingga dapat menghasilkan diagnosis secara otomatis dan terstruktur. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *forward chaining* dapat digunakan secara efektif untuk membantu proses identifikasi penyakit berbasis gejala.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Penelitian lain dilakukan oleh Nasrulloh, Raharja, dan Arifa (2023), yang merancang sistem pakar untuk mendeteksi hama dan penyakit pada tanaman kangkung. Dengan memanfaatkan *forward chaining*, sistem mampu menelusuri hubungan antara gejala yang tampak pada tanaman dengan aturan yang telah ditetapkan oleh pakar pertanian. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan *data-driven* dapat memberikan rekomendasi yang akurat dalam konteks pertanian.

Muttaqin, A., Multazam, M., & Imran, B. (2024) juga menerapkan metode *forward chaining* dalam sistem pakar diagnosis penyakit pada tanaman bawang merah (*shallot*). Sistem ini menggunakan data gejala lapangan yang diperoleh melalui wawancara pakar, kemudian memprosesnya menggunakan aturan yang dibentuk dalam *knowledge base*. Melalui pengujian fungsional, sistem terbukti mampu memberikan rekomendasi diagnosis secara konsisten sesuai hasil analisis pakar.

Pada bidang peternakan, Amriyansah, Sulistiani, dan Amalia (2024) mengembangkan sistem pakar untuk mendeteksi penyakit pada ayam petelur. Menggunakan *forward chaining* sebagai mesin inferensi, sistem dapat menurunkan kesimpulan penyakit berdasarkan rangkaian gejala yang diinput. Penelitian ini menegaskan bahwa metode *forward chaining* tetap relevan digunakan dalam kasus-kasus diagnostik berbasis aturan.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa metode *forward chaining* merupakan cara yang efektif untuk menyelesaikan masalah yang memerlukan penelusuran fakta secara bertahap. Kesuksesan penerapan metode ini dalam berbagai bidang menjadi landasan kuat bahwa pendekatan yang sama dapat diterapkan dalam penelitian ini, yaitu mendeteksi indikasi kecurangan ujian daring melalui analisis pola *event browser* tanpa perlu menggunakan kamera.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan sistem pakar untuk mendeteksi indikasi kecurangan pada ujian online tanpa memanfaatkan kamera. Pendekatan ini dipilih karena kebutuhan akan mekanisme pengawasan yang tidak *invasive*, menjaga privasi, serta tetap mampu mengidentifikasi perilaku peserta yang diduga melakukan penyimpangan pada saat ujian berlangsung. Data yang digunakan adalah aktivitas dari event browser yang terjadi selama peserta berinteraksi di dalam halaman ujian. Aktivitas ini dapat menggambarkan peristiwa yang dapat membuat pola perilaku tidak wajar.

Metode *forward chaining* dipilih karena sesuai dengan kebutuhan analisis terhadap urutan *event* yang terjadi selama ujian online berlangsung. Setiap aktivitas selain menjawab soal dan beralih soal seperti *fullscreen_exit*, *context_switch*, atau *focus_return*, dapat dianggap sebagai fakta yang kemudian diproses oleh mesin inferensi. Kemudian sistem akan membandingkan fakta tersebut dengan aturan yang sudah dibuat. Jika kondisi terpenuhi, maka akan menghasilkan kesimpulan berupa deteksi pelanggaran (*violation++*).

Pendekatan dengan sistem pakar ini dianggap mampu mendeteksi perilaku mencurigakan secara otomatis dan sistematis karena dapat meniru pola pengawasan oleh pengawas manusia dalam bentuk penalaran yang dapat dengan mudah dijelaskan kembali.

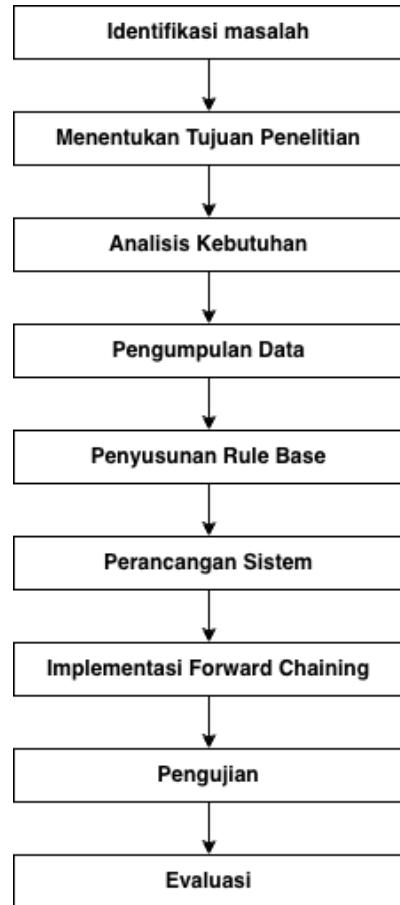
Metodologi penelitian merupakan langkah – langkah yang akan dilakukan untuk melaksanakan penelitian, sementara metode merupakan gambaran yang akan dilakukan dalam penelitian.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Metode penelitian akan menggambarkan urutan dari proses penelitian seperti identifikasi masalah, pengumpulan data dan lainnya. Gambar 3 akan menjelaskan kerangka dari metodologi penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini disusun untuk mengembangkan sistem pakar pendekripsi kecurangan ujian daring berbasis event browser dengan metode *forward chaining*. Tahapan penelitian dimulai dari proses identifikasi masalah, penentuan tujuan penelitian, analisis kebutuhan, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi, hingga evaluasi.

2.1 Identifikasi Kecurangan

Tahap identifikasi kecurangan dilakukan untuk memahami tantangan utama dalam penyelenggaraan ujian online, khususnya pada skala besar seperti yang diselenggarakan oleh Olimpiade Sains Digniti. Beberapa permasalahan yang menjadi dasar pengembangan sistem ini adalah sistem pengawasan berbasis kamera yang invasive dan menimbulkan isu privasi, keterbatasan bandwidth peserta yang tidak memungkinkan penggunaan kamera secara stabil, kesulitan pengawasan manual oleh pengawas ketika peserta berjumlah ratusan hingga ribuan, serta tidak adanya sistem pendukung keputusan yang membantu pengawas menilai indikasi kecurangan secara konsisten. Masalah-masalah ini menjadi dasar perlunya pengembangan sistem pakar yang dapat meniru proses penilaian pengawas manusia melalui analisis data aktivitas padabrowser. Sistem pengawasan berbasis kamera yang invasive dan menimbulkan isu privasi.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sistem pakar yang mampu mendeteksi indikasi kecurangan ujian daring tanpa menggunakan kamera dengan menerapkan metode forward chaining sebagai mekanisme penalaran untuk mengolah event browser menjadi fakta dan kesimpulan, sehingga menghasilkan sistem deteksi yang mampu membantu pengawas memantau peserta dalam jumlah besar secara efektif, transparan, ringan, dan tetap menjaga privasi peserta. Sumber data utama yang digunakan dalam penelitian ini untuk analisis kecurangan adalah Aktivitas *event browser* peserta ujian, yang mencakup peristiwa (event) spesifik dan durasinya. Aktivitas-aktivitas tersebut meliputi: *consent_accepted*, *fullscreen_enter*, *fullscreen_exit*, *context_switch*, *focus_return*, dan *standby_log*.

Selain itu, data juga diperoleh dari wawancara dengan pengawas ujian untuk mendapatkan pengetahuan pakar mengenai pola aktivitas yang mencurigakan, serta dari dokumentasi penyelenggaraan ujian yang sudah berjalan

2.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk menentukan elemen yang diperlukan dalam membangun sistem pakar, mencakup kebutuhan fungsional (seperti kemampuan menerima event browser secara real-time, mengubahnya menjadi fakta, mencocokkan fakta dengan aturan, memberikan kesimpulan berupa tingkat pelanggaran, dan menyajikan dashboard bagi pengawas) serta kebutuhan non-fungsional (seperti ringan secara komputasi, scalable untuk ribuan peserta, transparan, mudah dijelaskan, dan menjaga privasi data peserta)

2.3 Penyusunan Rule Base

Tahapan ini mengubah pengetahuan pakar dari pengawas ujian menjadi serangkaian aturan terstruktur yang dapat dibaca dan diproses oleh sistem. Pengetahuan pakar yang diformulasikan mencakup identifikasi pola perilaku tidak wajar, penetapan *event browser*, dan penentuan ambang batas toleransi (seperti batas waktu dan frekuensi).

Logika penalaran sistem pakar dalam penelitian ini diformulasikan dalam bentuk Produksi Aturan (Production Rules) atau Logika IF-THEN sebagai berikut:

1. Identifikasi pola perilaku tidak wajar berdasarkan hasil observasi.
2. Menetapkan *events* kunci yang dianggap penting.
3. Menentukan hubungan antar *events*, misalnya: *Jika fullscreen_exit → context_switch ≤ 2 detik → pelanggaran ringan*.
4. Menuliskan aturan dalam bentuk IF-THEN.

```
IF <event A terjadi> AND <event B terjadi dalam durasi tertentu>
THEN <kategori pelanggaran>
```

Gambar 4. Format Pseduo if then rules

2.4 Implementasi Forward Chaining



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Metode forward chaining digunakan sebagai mekanisme utama dalam penalaran sistem, di mana sistem menerima event browser yang dikirim secara berkala, menyimpannya sebagai fakta dalam fact base, kemudian mesin inferensi membandingkan fakta tersebut dengan aturan yang telah disusun, dan jika aturan terpenuhi, kesimpulan (pelanggaran / peringatan) akan dimunculkan, di mana proses ini akan berlangsung secara iterative hingga tidak ada aturan lain yang aktif

2.5 Implementasi Sistem

Implementasi sistem deteksi kecurangan ini menggunakan arsitektur modular yang terdiri dari Frontend (React JavaScript) untuk mencatat dan mengirim *event* browser, Backend (Laravel/PHP) untuk menjalankan mesin inferensi dan menyimpan *rule-base*, Database (PostgreSQL) sebagai penyimpanan data, serta Dashboard Pengawas sebagai antarmuka output hasil penilaian.

2.6 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan melalui:

1. Pengujian fungsional ialah dengan memastikan event dari aktivitas browser tercatat dengan benar dan memastikan aturan dapat berjalan sesuai dengan desain yang diharapkan.
2. Validasi pakar dilakukan dengan cara membandingkan hasil sistem dengan penilaian pengawas manusia.
3. Pengujian performa menilai keakuratan proses inferensi.

2.7 Evaluasi

Tahapan evaluasi mencakup:

1. Analisis kesesuaian hasil deteksi.
2. Tingkat akurasi dan *false positive/false negative*.
3. Efektivitas sistem sebagai alat bantu pengawas

Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar rekomendasi pengembangan lebih lanjut.

3. HASIL

3.1 Analisa Data

Data yang yang sudah tersedia dalam penelitian ini merupakan hasil log dari interaksi peserta pada browser chrome yang digunakan saat ujian.

3.2 Data Log Interaksi Browser

Data hasil observasi aktivitas peserta disimpan ke dalam basis data sebagai bagian dari proses pencatatan otomatis selama ujian berlangsung. Setiap kali peserta memulai ujian, sistem akan mulai mengumpulkan dan mengirimkan data tersebut secara berkala. Mekanisme pengiriman dilakukan dalam bentuk batch, yang dipicu oleh proses *heartbeat* setiap 60 detik. Seluruh data terekam untuk setiap peserta pada masing-masing bidang ujian, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Tabel 1. Keterangan aksi yang akan dicatat oleh *database*

No	Aksi	Durasi	Keterangan
1	consent_accepted	No	When starting the exam, the participant must agree to the terms of the anti-cheating system
2	fullscreen_enter	No	The browser enters fullscreen mode.
3	fullscreen_exit	No	The browser exits fullscreen mode.
4	context_switch	Yes	The participant leaves the exam page, switches tabs, or exits the browser application.
5	focus_return	Yes	The participant returns focus to the exam page.
6	devtools_open	No	The participant opens developer tools in the browser.
7	devtools_close	No	The participant closes developer tools in the browser.
8	Standby_log	Yes	When the participant returns to the exam page from another tab or application and is considered to have been away from the exam page for more than 10 seconds, a standby_log is recorded in milliseconds.

3.2 Aturan/Rule dengan logika IF-THEN

Berdasarkan hasil wawancara dengan pakar, yaitu pengawas ujian dari penyelenggara Olimpiade Sains Digniti, dirumuskan seperangkat aturan yang merepresentasikan pola penalaran pakar dalam mendeteksi indikasi kecurangan. Aturan tersebut disusun menggunakan pendekatan *forward chaining*, di mana setiap event browser diklasifikasikan sebagai fakta yang dapat memicu kondisi tertentu dalam rule base. Rangkaian aturan tersebut tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Aturan (Rule)

No	Aturan (IF-THEN Rule)	Output
1	IF fullscreen_exit AND context_switch happen \leq 2s after fullscreen_exit AND standby_log \geq 10s THEN Violation++	Violation
2	IF consent_accepted AND fullscreen_enter AND devtools_open High Severity Warning	High Warning
3	IF context_switch AND standby_log $>$ 10s THEN Violation++	Violation
4	IF context_switch occurs \geq 3 times within \leq 60s THEN Violation++	Violation
5	IF devtools_open AND standby_log \geq 10s THEN Violation++	Violation
6	IF devtools_open occurs \geq 1 time THEN High Severity Warning	High Warning
7	IF standby_log $>$ 45s AND focus_return AND NOT fullscreen_enter THEN Violation++	Violation
8	IF standby_log occurs \geq 3 times during exam THEN High Severity Warning	High Warning
9	IF fullscreen_exit AND devtools_open AND context_switch THEN Violation++	High Warning
10	IF consent_accepted occurs \geq 2 times High Severity Warning	High Warning
11	IF Violation \geq 5 THEN participant_status = expelled	Disqualification

4. PEMBAHASAN



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Sistem yang diusulkan merupakan sistem pakar berbasis aturan yang meniru pola penilaian pengawas manusia. Mekanisme penalaran sistem menggunakan metode *forward chaining*, dimana setiap event yang diterima diproses sebagai fakta awal yang selanjutnya dibandingkan dengan aturan yang tersimpan pada *rule-base*. Jika suatu pola fakta memenuhi kondisi dalam aturan, mesin inferensi menghasilkan kesimpulan berupa indikasi pelanggaran atau peringatan. Pendekatan ini memastikan bahwa proses deteksi bersifat transparan, serta efisien secara komputasi, sehingga sesuai untuk lingkungan ujian berskala besar.

Secara garis besar, metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

1. Pelaksanaan Ujian oleh Peserta

Peserta mengikuti ujian melalui halaman ujian menggunakan browser yang sudah ditambahkan pencatatan aktivitas (*event listener*).

2. Pencatatan Event Browser

Browser mencatat berbagai aktivitas penting seperti *consent_accepted*, *fullscreen_enter*, *fullscreen_exit*, *context_switch*, *focus_return*, dan *standby_log*.

3. Pengiriman Event ke Server

Data event dikirimkan ke server melalui mekanisme batch log atau melalui *heartbeat* setiap interval 60 detik untuk memastikan tidak ada event yang tertinggal.

4. Konversi Event menjadi Fakta

Fact base diterima di server kemudian filter berdasarkan riwayat aktifitas yang akan menjadi dasar proses inferensi.

5. Proses Inferensi (*Forward Chaining*)

Mesin inferensi memeriksa fakta yang masuk dan mencocokkannya dengan aturan yang ada pada *rule base*. Aturan yang disiapkan merupakan hasil representasi dari pola yang dianggap mencurigakan oleh pengawas ujian.

6. Penetapan Status Pelanggaran

Apabila suatu aturan terpenuhi, sistem memberikan kesimpulan berupa penambahan tingkat pelanggaran (*violation++*) atau status peringatan sesuai tingkat keparahan.

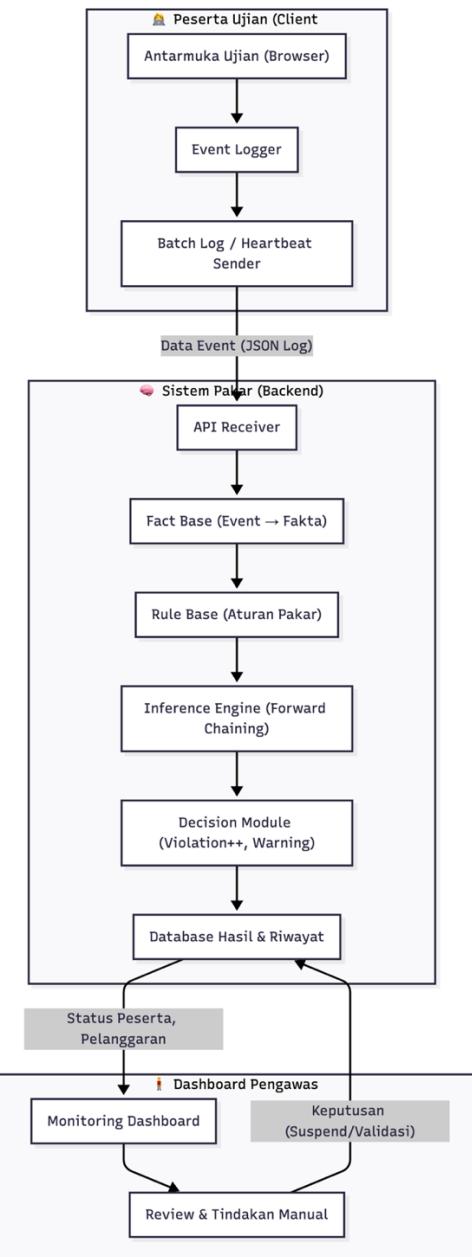
7. Penyajian Hasil ke Dashboard Pengawas

Hasil inferensi ditampilkan pada dashboard pengawas secara real-time sehingga pengawas dapat melakukan verifikasi dan mengambil keputusan lanjutan apabila diperlukan.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.



Gambar 5. Alur Implementasi Metode Forward Chaining

4.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dimulai dengan perancangan antarmuka ujian di sisi peserta (klien). Antarmuka ini dirancang secara spesifik untuk berfungsi ganda, yaitu sebagai media pengerjaan soal sekaligus sebagai *event logger* yang mencatat setiap aktivitas peserta. Berikut adalah penjelasan mendetail mengenai realisasi setiap event browser dan tampilan sistem yang merekam aktivitas peserta. Implementasi sistem pakar untuk ujian online disajikan sebagai berikut:

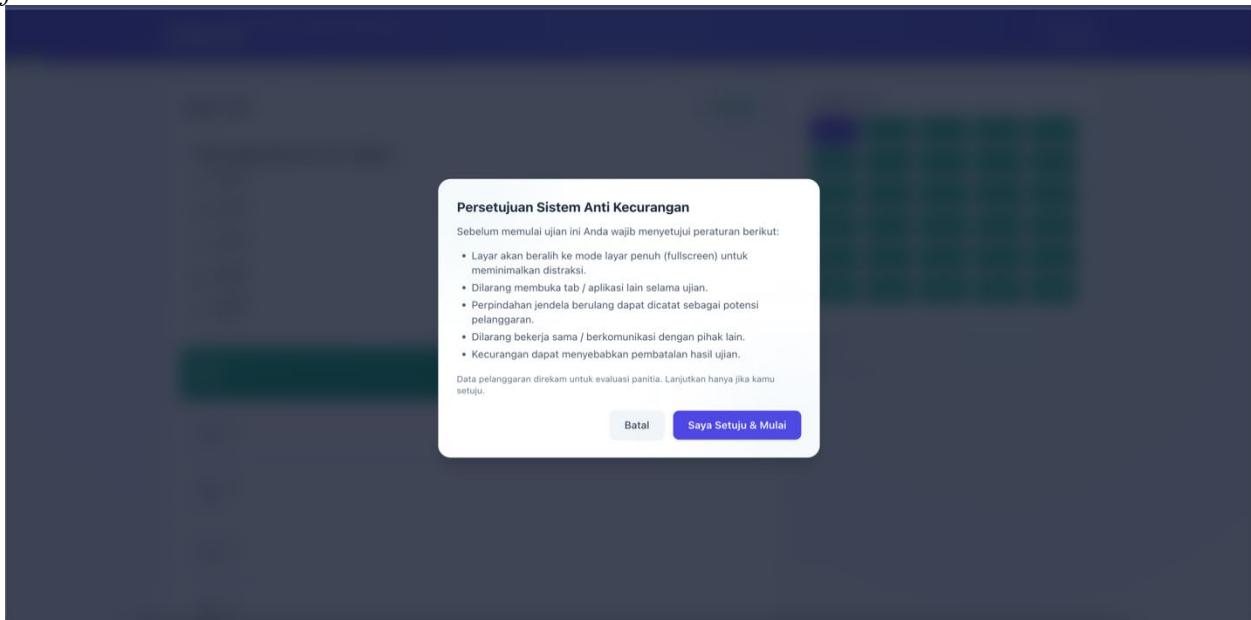
4.2.1 Tampilan Setelah Memulai Ujian



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

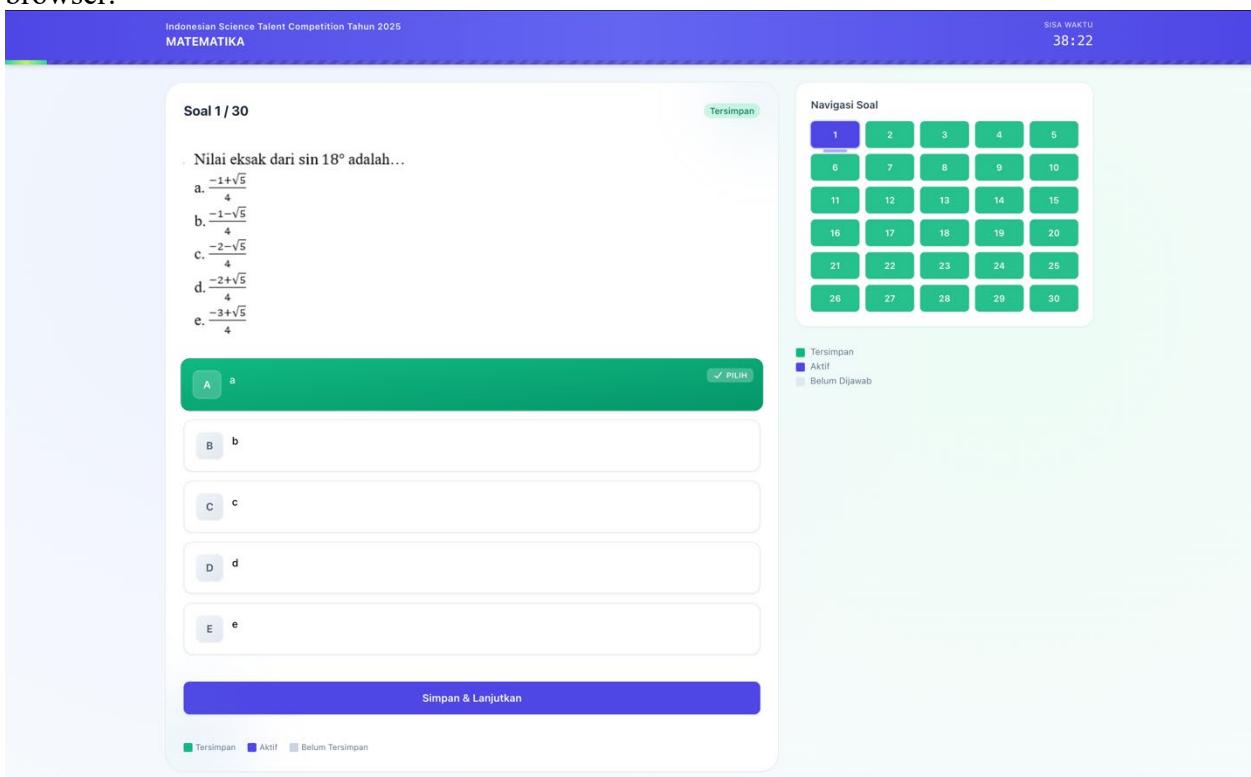
Sebelum memulai ujian maka peserta terlebih dahulu harus menyetujui peraturan anti kecurangan. Aksi setuju dari peserta akan mengirim sinyal *consent_accepted* dan *fullscreen_enter* ke API backend.



Gambar 6. Halaman Persetujuan Sebelum Memulai Ujian

4.2.2 Tampilan Ujian Normal

Pada halaman ujian normal, maka tampilan seperti gambar 8, dengan kondisi fullscreen pada browser.



Soal 1 / 30

Tersimpan

Nilai eksak dari $\sin 18^\circ$ adalah...

a. $\frac{-1+\sqrt{5}}{4}$
b. $\frac{-1-\sqrt{5}}{4}$
c. $\frac{-2-\sqrt{5}}{4}$
d. $\frac{-2+\sqrt{5}}{4}$
e. $\frac{-3+\sqrt{5}}{4}$

Navigasi Soal

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

✓ PILIH

Tersimpan Aktif Belum Dijawab

Simpan & Lanjutkan

■ Tersimpan ■ Aktif ■ Belum Tersimpan

Gambar 7. Tampilan normal saat ujian berlangsung

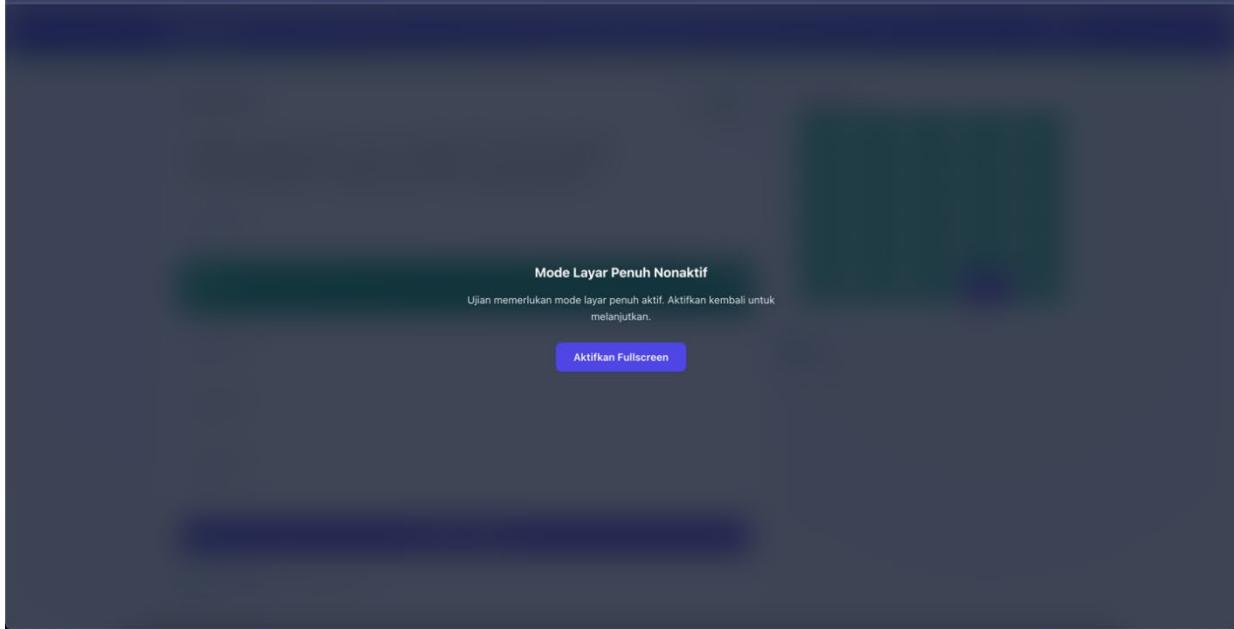


Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

4.2.2 Tampilan Ketika Peserta Keluar Fullscreen

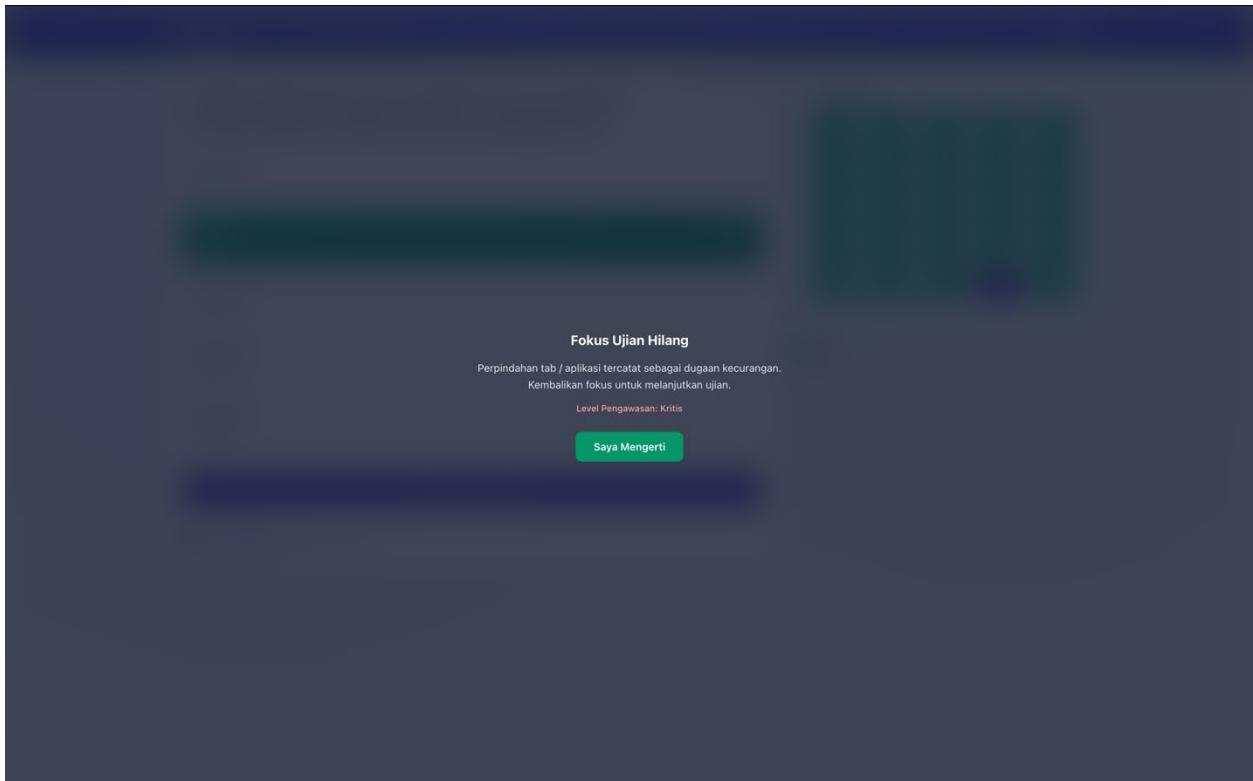
Ketika peserta keluar dari mode fullscreen, maka halaman ujian akan sepenuhnya tertutup dengan menampilkan himbauan untuk mengaktifkan mode layer penuh kembali, pada saat yang bersamaan akan mengirim sinyal *fullscreen_exit* ke API backend.



Gambar 8. Gambar ketika peserta keluar dari mode *fullscreen*

4.2.3 Tampilan Ketika Switch Context

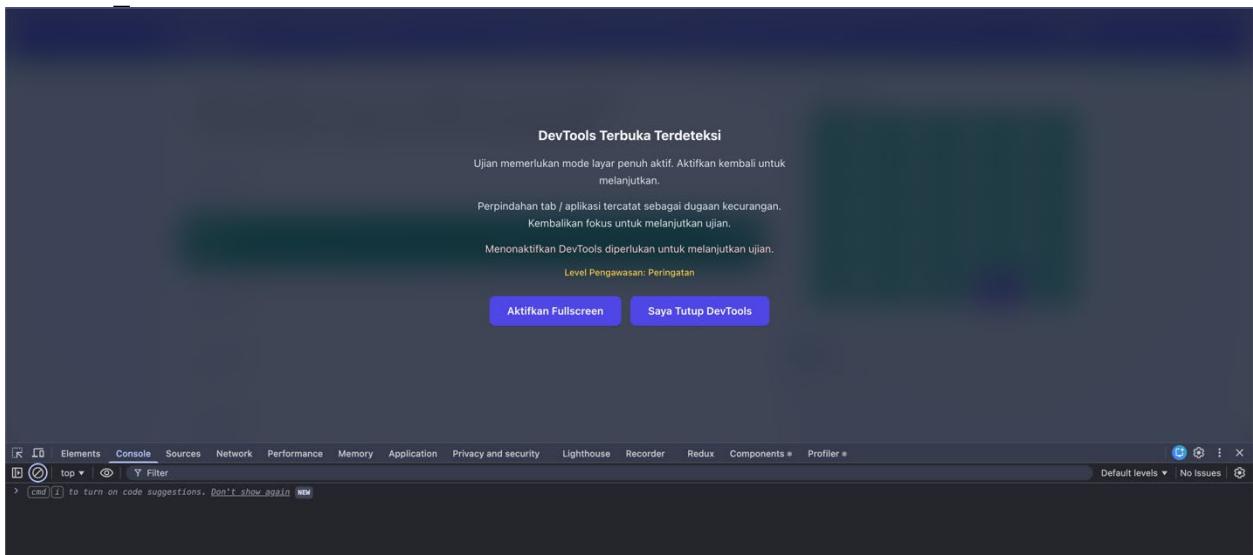
Ketika peserta beralih tab, aplikasi atau melakukan aksi lain selain berada di halaman ujian, maka secara otomatis sepenuhnya menutup dengan menampilkan himbauan untuk kembali fokus kehalaman ujian, pada saat yang sama akan mengirim sinyal *context_switch* ke API backend. Saat peserta kembali fokus pada halaman ujian, frontend akan mengirim sinyal *focus_return* ke API backend.



Gambar 9. Gambar ketika peserta keluar beralih dari halaman ujian

4.2.4 Tampilan Ketika Membuka DevTools

Saat peserta membuka devtool dari browser, maka secara otomatis akan mengirim sinyal `devtools_open`. Sementara setelah peserta menutup devtool makan akan mengirim sinyal `devtools_close`.



Gambar 10. Gambar ketika peserta membuka *devtools browser*

4.3 Pengujian Hasil



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Dalam pengujian data diperoleh dengan izin yang diberikan oleh Penyelenggara Olimpiade Sains Digniti. Data dinormalisasi untuk melindungi privasi dari peserta ujian, sehingga tidak menampilkan detail peserta, namun dengan hanya direpresentasikan sebagai participant_id. Kolom action_at merepresentasikan aksi yang terjadi pada saat kapan, kolom menggunakan timestamp yang menggunakan zona waktu server yakni GMT. Kolom duration_ms merepresentasikan durasi yang terjadi dalam satuan milidetik. Rekaman log yang sama seperti focus_return dan standby_log terjadi karena peserta telah keluar dari fokus halaman ujian lebih dari 10 detik.

Pengujian hasil diperlukan sebelum sistem pakar dapat berjalan di *environment production*. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan validitas dari hasil inferensi yang dihasilkan. Diagnosa dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari sistem pakar yang akan diuji kembali oleh pakar (pengawas ujian) dengan data log yang sama.

Dalam proses ini, pakar memberikan penilaian terhadap setiap hasil deteksi dengan skema biner, yakni:

- Nilai 1 diberikan apabila kesimpulan sistem pakar sama dengan keputusan pakar,
- Nilai 0 diberikan apabila sistem pakar tidak sama dengan keputusan pakar.

Pendekatan ini digunakan untuk menilai tingkat kesesuaian sistem pakar dalam mengidentifikasi pelanggaran peserta ujian.

Tabel 3. Data sampel log activity dari peserta ujian

log_id	participant_id	action	action_at	duration_ms	Hasil	Rule
44790	380807	fullscreen_exit	16/11/25 08:34:53		1	1
44794	380807	context_switch	16/11/25 08:34:55			
45557	380807	standby_log	16/11/25 08:58:29	1413860		
45556	380807	focus_return	16/11/25 08:58:29	1413860		
45559	380807	fullscreen_enter	16/11/25 08:58:35			
...			
52482	380605	consent_accepted	16/11/25 16:29:57		1	2
52484	380605	fullscreen_enter	16/11/25 16:29:57			
52567	380605	devtools_open	16/11/25 16:40:20			
...			
48559	377601	context_switch	16/11/25 11:11:03		1	3
48560	377601	focus_return	16/11/25 11:11:22	18757		
48561	377601	standby_log	16/11/25 11:11:22	18757		
48562	377601	fullscreen_enter	16/11/25 11:11:25			
...			
46213	378055	context_switch	16/11/25 09:33:53		1	4
46214	378055	focus_return	16/11/25 09:33:59	6424		
46215	378055	context_switch	16/11/25 09:33:59			



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

46221	378055	focus_return	16/11/25 09:34:05	5546		
46222	378055	context_switch	16/11/25 09:34:07			
46223	378055	focus_return	16/11/25 09:34:08	1113		
46247	378055	context_switch	16/11/25 09:34:31			
46248	378055	focus_return	16/11/25 09:34:31	38		
46249	378055	focus_return	16/11/25 09:34:33	2331		
46308	378055	context_switch	16/11/25 09:34:49			
46309	378055	focus_return	16/11/25 09:34:51	2602		
...			
46168	379037	devtools_open	16/11/25 09:33:15		1	5
46645	379037	standby_log	16/11/25 09:44:51	14508		
...			
47162	378082	devtools_open	16/11/25 10:07:50		1	6
47163	378082	devtools_close	16/11/25 10:07:51			
47164	378082	devtools_open	16/11/25 10:08:00			
47165	378082	devtools_close	16/11/25 10:08:07			
47166	378082	devtools_open	16/11/25 10:08:16			
47177	378082	devtools_close	16/11/25 10:08:24			
...			
50678	377970	standby_log	16/11/25 13:17:10	45401	1	7
50677	377970	focus_return	16/11/25 13:17:10	45401		
50701	377970	context_switch	16/11/25 13:17:41			
50703	377970	standby_log	16/11/25 13:18:23	41780		
50702	377970	focus_return	16/11/25 13:18:23	41780		
...			
50708	377970	context_switch	16/11/25 13:18:29		1	8
50709	377970	focus_return	16/11/25 13:19:24	54941		
50710	377970	standby_log	16/11/25 13:19:24	54941		
50720	377970	context_switch	16/11/25 13:19:36			
50722	377970	standby_log	16/11/25 13:19:48	11290		
50721	377970	focus_return	16/11/25 13:19:48	11290		
50853	377970	context_switch	16/11/25 13:28:48			
50864	377970	focus_return	16/11/25 13:29:38	49503		
50865	377970	standby_log	16/11/25 13:29:38	49503		
...			
46167	379037	fullscreen_exit	16/11/25 09:33:14		1	9
46168	379037	devtools_open	16/11/25 09:33:15			
46169	379037	context_switch	16/11/25 09:33:15			
...			
46529	377402	consent_accepted	16/11/25 09:40:59		1	10



Tabel 3 di atas merepresentasikan hasil dari total 10 ribu baris data dari log aktivitas yang dilakukan peserta pada saat ujian pada 1 kompetisi, dimana ambil sampel berdasarkan riwayat kejadian. Semua aturan yang direka ulang oleh pakar dibandingkan dengan data yang tersedia, dimana menghasilkan hasil yang sama, baik yang diuji secara manual ataupun menggunakan komputasi dengan inferensi forward chaining.

$$P(\text{Akurat}) = \frac{\text{Jumlah kejadian}}{\text{Total kejadian}} \quad P(A) = \frac{11}{11} = 1$$

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sistem pakar dengan metode inferensi forward chaining untuk mendeteksi kecurangan ujian online tanpa menggunakan kamera. Sistem pakar yang dikembangkan telah berhasil mengotomatisasi proses penalaran dengan menganalisis aktivitas peserta ujian dan mengubahnya menjadi fakta yang selanjutnya dicocokkan dengan basis aturan untuk menghasilkan kesimpulan berupa peringatan atau pelanggaran. Pendekatan ini meniru pola evaluasi pengawasan manusia, namun dalam bentuk logika terstruktur yang dapat dijelaskan. Meskipun tanpa menggunakan kamera, data yang diperoleh dari log browser terbukti efektif sebagai indikator untuk mendeteksi perilaku mencurigakan dalam ujian online. Event seperti *fullscreen_exit*, *context_switch*, *standby_log*, dan *devtools_open* memberikan informasi yang cukup untuk menilai potensi kecurangan, tanpa perlu bergantung pada pengawasan berbasis kamera, yang lebih aman dari isu privasi dan lebih hemat bandwidth. Sistem yang dibangun mampu mendukung pengawasan ujian secara masif dan simultan, dengan menyediakan output berupa status pelanggaran dan rekomendasi tindak lanjut. Dengan demikian, sistem pakar ini dapat meningkatkan efisiensi dalam proses pengawasan, khususnya dalam ujian skala besar yang diselenggarakan oleh Olimpiade Sains Digniti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zaki, A., Defit, S., Sumijan, S., & Fauzana, R. (2023). *Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining Untuk Mendeteksi Kerusakan Jaringan Internet (Studi Kasus: Di Layanan Internet Diskominfotik Sumatera Barat)*. Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi, 9(3), 227-236.
- [2] Rosadi, S. D. (2023). Pembahasan UU Pelindungan Data Pribadi (UU RI No. 27 Tahun 2022). Sinar Grafika.
- [3] Hakim, M. (2020). Sistem Pakar Mengidentifikasi Penyakit Alat Reproduksi Manusia Menggunakan Metode Forward Chaining. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 1(1), 59-67.
- [4] Rahayu, P. W., Judijanto, L., Syaddad, H. N., Apriyanto, A., & Adawiyah, R. (2025). *Pengantar Sistem Pakar: Teori dan Implementasi*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- [5] Hayadi, B. H. (2018). *Sistem pakar*. Deepublish.
- [6] Rupnawar, A., Jagdale, A., & Navsupe, S. (2016). Study on forward chaining and reverse chaining in expert system. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 3(12), 60-62.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

- [7] Faisal, F., Opitasari, O., & Mufti, A. (2024, January). Sistem pakar pendiagnosa penyakit mata dengan metode forward chaining. In *Semnas Ristek (Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi)* (Vol. 8, No. 01).
- [8] Nasrulloh, I. A., Raharja, P. A., & Arifa, A. B. (2022). Sistem Pakar Diagnosis Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Kangkung Menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Saintekom: Sains, Teknologi, Komputer dan Manajemen*, 12(2), 146-157.
- [9] Muttaqin, A., Multazam, M., & Imran, B. (2024). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Bawang Merah Berbasis Web Menggunakan Metode Forward Chaining. *Journal Computer and Technology*, 2(2), 89-101.
- [10] Hasanah, P., & Durahman, N. (2024). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ayam Petelur Dengan Metode Forward Chaining. *Jurnal SANTI-Sistem Informasi dan Teknik Informasi*, 4(2), 87-94.
- [11] Turani, A. A., Alkhateeb, J. H., & Alsewari, A. A. (2020, December). Students online exam proctoring: a case study using 360 degree security cameras. In *2020 emerging technology in computing, communication and electronics (ETCCE)* (pp. 1-5). IEEE.
- [12] Masud, M. M., Hayawi, K., Mathew, S. S., Michael, T., & El Barachi, M. (2022, January). Smart online exam proctoring assist for cheating detection. In *International conference on advanced data mining and applications* (pp. 118-132). Cham: Springer International Publishing.
- [13] Rajendra, Y. A., Vishwas, P. R., Anil, K. D., Pravin, R. P., Tala, G. M. V. I. T., & Singh, R. (2022). Online exam proctoring system. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 10(1).
- [14] Lee, K., & Fanguy, M. (2022). Online exam proctoring technologies: Educational innovation or deterioration?. *British Journal of Educational Technology*, 53(3), 475-490.
- [15] Mohammed, H. M., & Ali, Q. I. (2022). Cheating prevention in e-proctoring systems using secure exam browsers: a case study. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, 8(4), 634-648.
- [16] Lee, J. Y. (2025). *Online Exam Proctoring in Higher Education: A Critical Analysis of Students' and Instructors' Processes and Perspectives* (Doctoral dissertation, University of California, Davis).
- [17] Sapriadi, S., Syaputra, A. E., Eirlangga, Y. S., Manurung, K. H., & Hayati, N. (2023). Sistem Pakar Diagnosa Gaya Belajar Mahasiswa Menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 5(3), 71-78.
- [18] Kusumawati, E. (2024). *Buku ajar metodologi penelitian: langkah-langkah metodologi penelitian yang sistematis*. Asadel Liamsindo Teknologi.
- [19] Sismadi, W., Darmawan, I., Wahyudi, W., & Nicolas, P. P. (2021). Implementasi Pengembangan Aplikasi Ujian Online menggunakan KTUPAD MVC Framework. *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi*, 2(4), 433-446.
- [20] Janah, S. O., Sari, E. F., Hermawan, R., Ramadhan, R. P., Indriani, I., & Ardiansyah, A. (2023). Website Sipusat (Sistem Informasi Penilaian Ujian Sekolah Anti-Cheating) Sebagai Solusi Membantu Para Guru Dalam Melakukan Penilaian Uts Dan Uas. *Jurnal Sistem Informasi Akuntansi (JASIIKA)*, 3(2), 37-43



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.