

Model Identifikasi Pelanggaran Wilayah Udara Berbasis Sistem Pakar Menggunakan Metode *Forward Chaining*

Hetly Brinner Yusak Kawet^{#1}, Aulia Heikhmakhtiar^{#2}, Budi Raharjo^{#3}

[#]Program Studi Rekayasa Pertahanan Siber, Universitas Pertahanan
Kawasan IPSC Sentul, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

¹hetlykawet@gmail.com

²aulia.heikhmakhtiar@idu.ac.id

³br@paume.itb.ac.id

Abstract— Indonesia is a unitary state with complete and exclusive sovereignty over its airspace, so foreign aircraft must have permission to enter Indonesian airspace. Currently, the identification of foreign aircraft is determined by operators who are vulnerable due to human limitations that can be influenced by human emotions, such as fatigue, depression, and anxiety, which can affect the identification of all aircraft entering Indonesian airspace. Suppose all aircraft to be identified enter Indonesian airspace at the same time with different entry directions and speeds. In that case, it will increase the difficulty for the operator in making decisions on aircraft entering Indonesian airspace as friends or as threats. Using the forward chaining method, the expert system performs reasoning based on the rules for identifying airspace violations. The forward chaining method performs searches using a database of target reports, licensing data, flight plans, and aircraft registration data and performs correlations. This research uses the Java programming language and produces an identification model type of airspace violation that can assist dispatchers in making decisions in mitigation. This research is an innovation that discusses the identification of airspace violations using an expert system.

Keywords— identification, operator, airspace violation, expert system, forward chaining

Abstrak— Negara Indonesia merupakan negara kesatuan yang berdaulat penuh dan eksklusif atas ruang udaranya sehingga pesawat udara asing yang melintas harus memiliki izin untuk masuk ke wilayah udara Indonesia. Saat ini identifikasi terhadap pesawat udara asing ditentukan oleh operator yang rentan akibat faktor keterbatasan manusia yang dapat dipengaruhi oleh emosi manusia, seperti kelelahan, depresi, dan kecemasan yang dapat mempengaruhi di dalam mengidentifikasi semua pesawat yang akan masuk ke wilayah udara Indonesia. Apabila semua pesawat yang akan diidentifikasi masuk ke wilayah udara Indonesia dalam waktu yang bersamaan dengan arah masuk dan kecepatan yang berbeda-beda akan menambah tingkat kesulitan oleh operator di dalam mengambil keputusan terhadap pesawat yang masuk ke wilayah udara Indonesia sebagai kawan atau sebagai ancaman. Sistem pakar dengan menggunakan metode *forward chaining* melakukan penalaran berdasarkan aturan identifikasi pelanggaran wilayah udara. Metode *forward chaining* melakukan penelusuran menggunakan basis data dari laporan sasaran, data perijinan, rencana penerbangan, dan data registrasi pesawat, serta melakukan korelasi. Penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Java dan menghasilkan model identifikasi jenis pelanggaran wilayah udara yang dapat membantu petugas

operator dalam mengambil keputusan dalam melakukan mitigasi. Penelitian ini merupakan sebuah inovasi baru yang membahas tentang identifikasi pelanggaran wilayah udara dengan menggunakan sistem pakar.

Kata Kunci— identifikasi, operator, pelanggaran wilayah udara, sistem pakar, forward chaining

I. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi telah mengalami perkembangan yang pesat dan membuka peluang penerapan teknologi komputer dalam berbagai bidang yang dapat digunakan sebagai alat dalam membantu memberikan solusi penyelesaian permasalahan. Salah satu aplikasi yang digunakan di dalam membantu manusia dalam memecahkan permasalahan salah satunya menggunakan sistem pakar. Penelitian sebelumnya sistem pakar dapat digunakan dalam mengenali dan membuat diagnosis penyakit dan rujukannya pada wanita hamil [1]. Sistem pakar juga sudah diterapkan di dalam mengidentifikasi kepribadian dan karakter berdasarkan gejala-gejala sifat yang terlihat [2]. Pada masa pandemi Covid-19 di Indonesia, sistem pakar digunakan untuk membantu memberikan informasi tentang perkembangan Covid-19 dan membantu masyarakat dalam mendiagnosis diri sendiri terkait dengan infeksi Covid-19 [3]. Pada penelitian ini, sistem pakar akan digunakan dalam melakukan identifikasi mengenai pelanggaran wilayah udara dengan melakukan penelusuran berdasarkan perijinan pesawat, periode masa berlakunya perijinan dan rute pesawat. Keuntungan pemakaian sistem pakar dapat menyediakan nasihat yang konsisten [4] dan dapat mengurangi tingkat kesalahan karena tidak dipengaruhi oleh emosi manusia [5]. Keberhasilan implementasi dari sistem pakar tergantung pada metode inferensi yang digunakan [6].

Pergerakan pesawat udara yang sangat banyak di ruang udara Indonesia menyebabkan terjadinya potensi pelanggaran wilayah udara nasional. Kondisi nyata dari ruang udara Indonesia yang sangat luas serta berbatasan dengan ruang udara negara luar sehingga membutuhkan pengawasan yang ketat di dalam melakukan pengamatan udara. Faktor keterbatasan manusia dapat berpengaruh terhadap proses identifikasi pesawat udara asing karena proses pengambilan keputusan identifikasi sasaran udara sangat mengandalkan operator.

Sistem pakar akan melakukan penelusuran dengan menggunakan metode *forward chaining* untuk menemukan dan memberikan solusi dalam waktu yang singkat [7]. Sistem pakar akan membantu tugas operator di dalam melakukan identifikasi terhadap setiap pesawat-pesawat tidak berjadwal sehingga pelanggaran wilayah udara nasional dapat dilakukan mitigasi [8]. Sebagai contoh, depresi dan kelelahan kerja memiliki hubungan yang signifikan dengan *shift* kerja dan beban kerja pada operator. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi proses identifikasi semua pesawat yang akan masuk ke wilayah udara Indonesia [9]. Permasalahan pelanggaran wilayah udara menjadi semakin kompleks dengan meningkatnya jumlah lalu lintas udara [10].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang model identifikasi pelanggaran wilayah udara secara otomatis berbasis sistem pakar dengan hasil penelusuran sistem terhadap data *aircraft address* sebesar 91,3%.

II. METODOLOGI

A. Metode dan Desain Penelitian

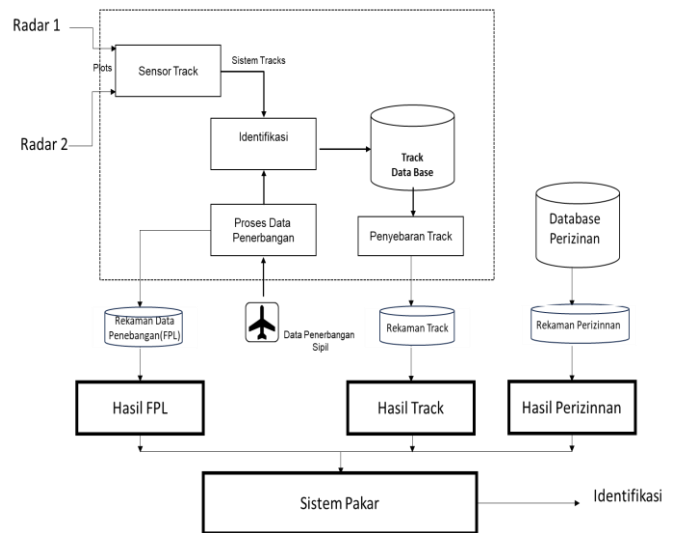
Penelitian ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif dengan desain penelitian menggunakan *software development life cycle* (SDLC), yaitu *agile model* [11]. Hasil tangkapan terhadap posisi pesawat akan diolah oleh suatu sistem *multisensor tracking* sehingga menghasilkan lintasan atau jejak dari suatu pesawat selama melintasi wilayah udara Indonesia. Hasil lintasan yang dihasilkan akan dikorelasikan dengan sistem *flight plan* untuk mengetahui kesesuaian data informasi penerbangan dari laporan sasaran udara pesawat yang melintas.

Informasi yang dihasilkan dari sistem *multisensor tracking* dan *flight plan* akan direkam dan disimpan. Selanjutnya dilakukan proses perubahan struktur data menjadi struktur data *comma separated values* (CSV) agar data-data tersebut dapat diolah dan diproses menggunakan sistem pakar. Hasil identifikasi yang dihasilkan dari hasil korelasi dari sistem *multisensor tracking* dan *flight plan* oleh petugas operator akan dilakukan identifikasi secara manual dengan melakukan proses korelasi dengan database perizinan berbasis situs yang dapat diakses untuk melihat kesesuaian dokumen perizinan dari setiap pesawat yang akan masuk ke wilayah udara Indonesia.

Proses untuk mendapatkan model identifikasi pelanggaran wilayah udara berbasis sistem pakar dengan mengolah data mentah yang dihasilkan dari hasil identifikasi elektronik dan identifikasi korelasi digambarkan sebagai desain penelitian pada Gambar 1.

B. Kebutuhan Sistem

Kebutuhan perancangan sistem untuk model identifikasi pelanggaran wilayah udara berbasis sistem pakar meliputi: sistem dapat memilah laporan sasaran yang memiliki informasi waktu, posisi dan *aircraft address*; sistem dapat membedakan pesawat berjadwal dan pesawat tidak berjadwal; sistem dapat memeriksa rencana penerbangan dan surat ijin bagi pesawat asing tidak berjadwal yang memasuki wilayah udara Indonesia; dan sistem dapat menentukan jenis pelanggaran berdasarkan dari laporan sasaran.



Gambar 1 Desain kerja penelitian

C. Adopsi Proses Berpikir Pakar

Adopsi proses berpikir dari pakar dengan mempelajari cara berpikir dan bertindak sebagai seorang petugas operator dalam melakukan identifikasi pelanggaran wilayah udara. Hal-hal yang perlu dilakukan oleh pakar agar dapat menentukan setiap pesawat yang memasuki wilayah teritorial Indonesia sudah memiliki perizinan yang lengkap sehingga pakar dapat menentukan untuk setiap pesawat yang melintas, mendarat, maupun menginap di wilayah udara Indonesia sesuai jenis pelanggaran.

D. Basis Aturan Identifikasi Pelanggaran Wilayah Udara

Pada identifikasi pelanggaran wilayah udara menggunakan sistem pakar, setelah mengadopsi cara berpikir dan bertindak dari seorang pakar, maka perlu dibuat suatu aturan. Penentuan suatu basis aturan untuk setiap pelanggaran wilayah udara berbeda-beda sehingga perlu mengkodekan unsur-unsur yang masuk ke dalam kategori pelanggaran. Sistem pakar akan melakukan penelusuran berdasarkan semua aturan-aturan yang telah didefinisikan dan akan mencocokkan setiap aturan tersebut pada memori kerja sistem pakar. Setiap aturan yang kondisinya terpenuhi akan dilakukan aktivasi sehingga bisa dihasilkan suatu kesimpulan. Setiap aturan yang akan didefinisikan harus sesuai dengan dasar hukum yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan. Definisi pengkodean unsur-unsur dapat dijelaskan pada kolom keterangan pada Tabel I.

Cara kerja sistem pakar adalah mengadopsi cara berpikir dari seorang pakar dalam menyelesaikan masalah. Sistem pakar ini mengadopsi cara berpikir pakar identifikasi pelanggaran wilayah udara dalam menyelesaikan masalah pelanggaran wilayah udara. Tabel II menampilkan basis aturan untuk setiap unsur-unsur pelanggaran wilayah udara Indonesia.

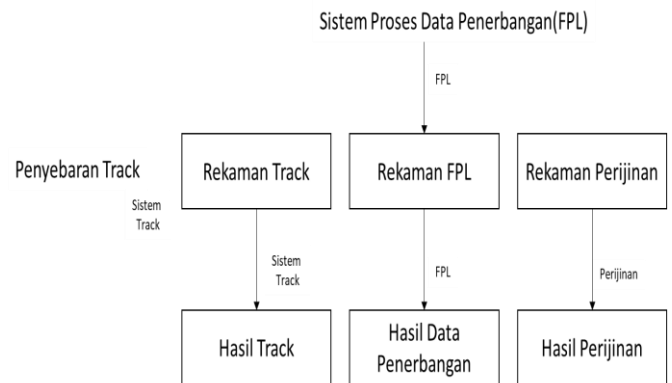
Pengkodean merupakan kondisi dari unsur-unsur yang disebut pelanggaran wilayah udara dan dari hasil penentuan kondisi tersebut berakibat terhadap aksi yang dilakukan berdasarkan dari hasil kesimpulan.

TABEL I
PENGKODEAN UNSUR-UNSUR

Kode	Keterangan
F00	alamat pesawat diketahui
F01	alamat pesawat tidak diketahui
F02	identifikasi pesawat ada
F03	identifikasi pesawat tidak ada
F04	rekaman perijinan ada
F05	rekaman perijinan tidak ada
F06	tanggal masuk sebelum dari waktu yang diijinkan
F07	tanggal masuk lebih dari waktu yang diijinkan
F08	tanggal keluar lebih dari waktu yang diijinkan
F09	tanggal keluar sebelum dari waktu yang diijinkan
F10	perijinan ada
F11	FPL tidak ada
A0	alamat pesawat diketahui dan identifikasi pesawat ada dan FPL ada
B0	FPL ada dan rekaman perijinan ada dan tanggal masuk sebelum dari waktu yang diijinkan
B1	FPL ada dan rekaman perijinan ada dan tanggal keluar sebelum dari waktu yang diijinkan
B2	FPL tidak ada
C0	alamat pesawat tidak diketahui dan <i>aircraft identification</i> ada
C1	<i>aircraft address</i> ada and <i>aircraft identification</i> tidak ada
C2	<i>aircraft address</i> tidak ada and <i>aircraft identification</i> ada
C3	perijinan tidak ada

TABEL II
BASIS ATURAN DEFINISI PELANGGARAN WILAYAH UDARA NASIONAL

Kode	Basis Aturan
A0	IF F00 AND F02 AND F10 THEN A0
B0	IF F10 AND F04 AND F06 THEN B0
B1	IF F10 AND F04 AND F09 THEN B1
B2	IF F11 THEN B2
C0	IF F01 AND F02 THEN C0
C1	IF F00 AND F03 THEN C1
C2	IF F01 AND F03 THEN C2
C3	IF F05 THEN C3



Gambar 2 Teknik pengolahan data

E. Rancangan Sistem

Model identifikasi pelanggaran wilayah udara menggunakan sistem pakar dirancang menggunakan bahasa pemrograman Java. Sistem pakar yang dirancang dengan memasukkan perintah melalui *command prompt* dan menampilkan hasil secara otomatis berdasarkan penelusuran data-data dalam periode tertentu.

F. Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian identifikasi pelanggaran wilayah udara dilakukan agar dapat mengorganisasikan data supaya dapat dibaca dan dapat ditafsirkan oleh sistem pakar. Langkah-langkah pengolahan data pada proses ini dimulai dengan melakukan pemeriksaan dan pengkodean, dan tabulasi data. Variabel-variabel yang diteliti, yaitu data yang dihasilkan dari sistem pengolahan data penerbangan, hasil keluaran data dari proses penyebaran *track*, dan hasil dari perijinan. Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan kelengkapan data dan kesesuaian data yang diharapkan. Gambaran teknik pengolahan data ditampilkan pada Gambar 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Sistem

Sistem model identifikasi pelanggaran wilayah udara dengan menggunakan sistem pakar dirancang berdasarkan kebutuhan dalam melakukan identifikasi pengamatan udara nasional terhadap pesawat militer dan sipil asing tidak berjadwal yang memasuki wilayah udara nasional Indonesia dalam rangka melintas, mendarat, dan menginap. Jumlah penerbangan yang

semakin banyak sehingga beban tugas operator di dalam melakukan identifikasi akan semakin bertambah. Melihat kebutuhan tersebut, maka dirancang model identifikasi pelanggaran wilayah udara secara otomatis menggunakan sistem pakar untuk mendukung pertahanan negara.

Sistem ini dirancang untuk dapat menentukan klasifikasi jenis laporan sasaran berupa laporan sasaran A, laporan sasaran B, dan laporan sasaran C yang dapat membantu petugas operator dalam mengambil keputusan, serta dapat dilakukan tindakan-tindakan mitigasi.

B. Metode *Forward Chaining* Untuk Penelusuran Hasil Laporan Sasaran

Sistem pakar ini menggunakan metode *forward chaining*, karena sistem akan bekerja dari pengumpulan fakta-fakta dari hasil rekaman yang dilakukan oleh rekaman *track*, rekaman data penerbangan (FPL) dan rekaman perijinan. Rekaman data yang dihasilkan dari rekaman *track* dan rekaman data penerbangan data-datanya diolah oleh sistem pakar dan dikorelasikan dengan hasil rekaman perijinan. Rekaman *track* dan rekaman FPL dihasilkan dari *recorder* yang berada di dalam sistem di ruang operasi penerbangan, sedangkan rekaman perijinan di dapat dari *web* perijinan.

Pada penelitian ini, proses penelusuran dimulai saat pesawat tersebut masuk di wilayah udara Indonesia. Sistem berdasarkan aturan-aturan yang telah didefinisikan pada basis aturan akan bekerja dengan mencari aturan yang cocok. Setelah menemukan aturan yang cocok, sistem akan memberikan keputusan terhadap hasil dari laporan-laporan sasaran.

Mengenai penelusuran dengan menggunakan metode *forward chaining*, ditunjukkan pada Gambar 3.

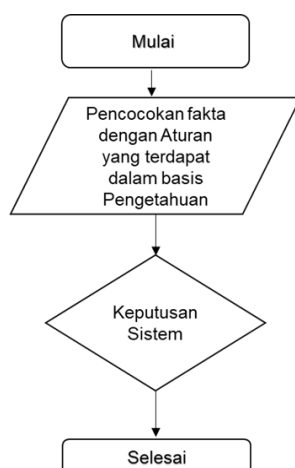
C. Hasil Keputusan Sistem

Penentuan aturan pada penelitian ini dibuat dalam 8 aturan agar sistem pakar dalam melakukan penelusuran berdasarkan semua aturan-aturan yang telah didefinisikan dan mencocokkan setiap aturan tersebut pada memory kerja sistem pakar. *Rule 1* didefinisikan, jika kondisi *aircraft address* ada, *aircraft identification* ada, dan perijinan ada sehingga aksinya adalah A0, atau disebut Lasa A. *Rule 2* didefinisikan, jika *aircraft address* tidak diketahui dan *aircraft identification* ada sehingga aksinya adalah C0, atau disebut Lasa C. *Rule 3* didefinisikan jika *aircraft address* ada dan *aircraft identification* tidak ada sehingga aksinya adalah C1, atau Lasa C. *Rule 4* didefinisikan jika perijinan tidak ada, maka aksinya adalah C3, atau Lasa C. *Rule 5* didefinisikan, jika *aircraft address* tidak diketahui dan *aircraft identification* tidak ada, maka aksinya adalah C2 atau Lasa C. *Rule 6* didefinisikan, jika perijinan ada dan perijinan masuk Indonesia kurang dari waktu yang ditentukan, maka aksinya adalah B0, atau Lasa B. *Rule 7* didefinisikan, jika perijinan ada dan hasil rekaman perijinan keluar Indonesia lebih dari waktu yang ditentukan sehingga aksinya B1, atau Lasa B. *Rule 8* didefinisikan FPL tidak ada, maka aksinya B2, atau Lasa B.

Setiap aturan 1 sampai dengan aturan 8 yang kondisinya terpenuhi, maka akan dilakukan aktivasi sehingga bisa dihasilkan suatu kesimpulan berupa Lasa A, Lasa B, atau Lasa C. Basis aturan untuk pelanggaran wilayah udara ditunjukkan oleh Tabel III.

D. Hasil Uji Sistem Menggunakan Data Rekaman Laporan Sasaran

Sistem yang telah dibangun berdasarkan kriteria kebutuhan sistem akan dijalankan menggunakan *command prompt* untuk mengetahui hasil penelusuran dari sistem pakar. Penelusuran dengan menggunakan metode *forward chaining* pada sistem ini dimulai dengan memberikan perintah melalui *command prompt* agar perintah dapat dijalankan.



Gambar 3 Proses penelusuran laporan sasaran

Hasil proses penelusuran model identifikasi pelanggaran wilayah secara otomatis dalam periode dari tanggal 16 Oktober 2023 s.d. 19 Oktober 2023 dijalankan dengan mengaktifasi perintah pada *command prompt* yang dapat ditampilkan pada Gambar 4.

Hasil proses penelusuran sistem pakar secara otomatis menggunakan data penelitian dalam periode dari tanggal 16 Oktober 2023 s.d. 19 Oktober 2023 yang menghasilkan keluaran data yang dapat ditampilkan dan dilakukan analisa oleh operator. Berdasarkan hasil keluaran dari penelusuran sistem pakar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Data laporan sasaran yang ditelusuri oleh sistem pakar berjumlah 1.176.990. Kriteria laporan sasaran yang valid adalah memiliki informasi waktu, posisi, dan *aircraft address*. Laporan sasaran yang valid berjumlah 1.066.055 sehingga data dari laporan sasaran yang valid adalah 90,6%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil identifikasi berupa laporan sasaran tidak semuanya lengkap sehingga harus divalidasi. Akibatnya terdapat 110.935 laporan sasaran yang tidak valid sehingga tidak diproses oleh sistem pakar.
2. Penelusuran sistem pakar menunjukkan dari seluruh laporan sasaran terdapat *aircraft identification* sejumlah 1.006.259. Artinya dari seluruh laporan sasaran yang diproses menggunakan sistem pakar *aircraft identification* adalah sebesar 85%. Sisanya sebesar 15% pesawat diduga tidak memiliki FPL. Hal ini bisa saja terjadi akibat dari proses *input* data dari *air traffic service* yang terlambat ataupun ada kesalahan pengetikan maupun kesalahan sistem akibat faktor lain.
3. Data *aircraft address* dari penelusuran seluruh laporan sasaran sebanyak 1.074.912. Hal ini menunjukkan bahwa

TABEL III

BASIS ATURAN PELANGGARAN WILAYAH UDARA

Rule	Kode	Basis Aturan
Rule 1	A0	IF F00 AND F02 AND F10 THEN A0
Rule 2	C0	IF F01 AND F02 THEN C0
Rule 3	C1	IF F00 AND F03 THEN C1
Rule 4	C3	IF F05 THEN C3
Rule 5	C2	IF F01 AND F03 THEN C2
Rule 6	B0	IF F10 AND F04 AND F06 THEN B0
Rule 7	B1	IF F10 AND F04 AND F09 THEN B1
Rule 8	B2	IF F11 THEN B2

```

Microsoft Windows [Version 10.0.22621.2861]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Uranu>E:

E:\>CD FCIS

E:\fcis>java -jar fcis.jar
Test using target reports...
Input: data\mats_messages.dat
Output: data\out.log

E:\fcis>
  
```

Gambar 4 Proses penelusuran laporan sasaran

dari seluruh laporan sasaran yang ditelusuri oleh sistem pakar, hasil penelusuran *aircraft address* pesawat sebesar 91,3%. Hasil keluaran data *aircraft address* yang unik berjumlah 554 menjelaskan data-data pesawat yang teridentifikasi berada di wilayah *air traffic service* pada periode tertentu dan data yang tidak diketahui sebanyak 17 menunjukkan bahwa data tersebut belum terekam di dalam *database*.

4. Jumlah data pesawat sebanyak 579.440 menunjukkan bahwa jumlah *database* aircraft-database-complete-2023-12.csv telah masuk di dalam sistem *database*.
5. Hasil rekaman data perijinan sejumlah 192 merupakan data rekaman dari tanggal 16 Oktober s.d. 19 Oktober 2023.
6. Hasil rekaman data FPL adalah berjumlah 1.669 dalam periode 16 Oktober s.d. 19 Oktober 2023.

Hasil seluruh laporan sasaran yang ditelusuri oleh sistem pakar pada periode waktu dari tanggal 16 Oktober 2023 s.d. 19 Oktober 2023 disimpan oleh sistem pakar dalam bentuk out.log. Hasil penelusuran dari sistem pakar ditunjukkan pada Gambar 5.

E. Hasil Uji Sistem Laporan Sasaran

Proses pengujian berikutnya perlu dilakukan untuk dapat mengetahui kesesuaian hasil keluaran dari sistem pakar dengan kebutuhan sistem yang telah ditentukan sebelumnya. Pengujian sistem pakar pada penelitian ini mengambil contoh kasus-kasus

identifikasi pengamatan udara yang berbeda-beda dengan hasil dan penjelasannya dapat diterangkan sebagai berikut:

1) Hasil Uji Sistem A0

Laporan hasil pengamatan udara pada tanggal 16 Desember tahun 2023 pukul 07.00 WITA dengan hasil laporan sasaran adanya pesawat udara yang memiliki registrasi pesawat asing, yaitu *aircraft address* a2339C dan *aircraft identification* N2409K. Hasil identifikasi yang dilakukan oleh sistem menunjukkan bahwa laporan sasaran tersebut A0 atau A dengan pengertian hasil identifikasi telah memiliki perijinan yang lengkap. Tampilan identifikasi laporan sasaran ditampilkan pada Gambar 6.

2) Hasil Uji Sistem B1

Laporan hasil pada tanggal 20 Oktober 2023 pukul 08.01 WITA dengan hasil laporan sasaran adanya pesawat udara yang memiliki registrasi pesawat asing, yaitu *aircraft address* 8a0297 dan *aircraft identification* MEDIC79. Hasil identifikasi yang dilakukan oleh sistem menunjukkan bahwa laporan sasaran tersebut adalah Lasa B1 atau B dengan pengertian hasil identifikasi telah memiliki perijinan yang lengkap, tetapi pesawat tersebut mendahului masuk ke wilayah Indonesia lebih dari batas waktu yang ditetapkan.

3) Hasil Uji Sistem C2

Laporan hasil pada tanggal 18 Oktober 2023 pukul 16.10 WITA registrasi pesawat sipil dengan hasil laporan sasaran, yaitu: *aircraft address* tidak diketahui dan *aircraft identification* tidak diketahui. Hasil identifikasi yang dilakukan oleh sistem menunjukkan bahwa laporan sasaran tersebut adalah Lasa C2 atau C dengan pengertian hasil identifikasi tidak memiliki registrasi pesawat dan *call sign*.

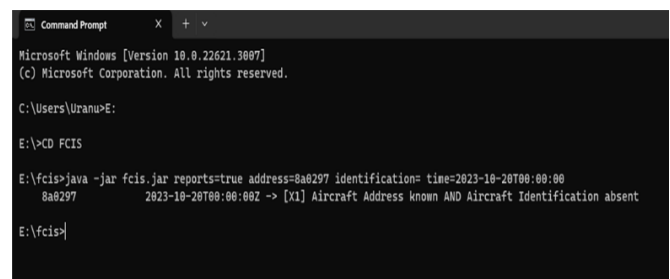
IV. SIMPULAN

Perancangan model identifikasi pelanggaran wilayah udara secara otomatis berbasis sistem pakar dalam mendukung sistem pertahanan negara telah berhasil dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Java. Sistem ini dirancang untuk dapat menentukan klasifikasi jenis laporan sasaran berupa Lasa A, Lasa B, dan Lasa C yang dapat membantu petugas operator dalam mengambil keputusan serta dapat dilakukan tindakan-tindakan mitigasi dari pelanggaran wilayah udara nasional.

Saran pengembangan untuk penelitian ini dapat menggunakan sistem *machine learning* dalam memproses data dalam jumlah besar dan mengidentifikasi pola data, serta memprediksi tren yang baru dalam bidang penerbangan.



Gambar 5 Hasil uji sistem menggunakan data rekaman



Gambar 6 Hasil proses identifikasi A0

DAFTAR REFERENSI

- [1] S. Puspitaningsih, Suryono, dan Farikhin, "Design and implementation of an emergency pregnancy referral system using rule-based expert system forward chaining method," dalam *2021 Sixth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, Jakarta: IEEE, Nov. 2021, hlm. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIC54025.2021.9632953>.
- [2] J. D. Wijaya dan Y. Yunus, "Sistem pakar untuk mengukur tingkat akurasi dalam mengidentifikasi kepribadian menggunakan metode *forward chaining*," *Jurnal Informasi dan Teknologi*, Sep. 2020, DOI: <https://doi.org/10.37034/jidt.v3i1.99>
- [3] Henderi, M. Maulana, H. L. H. S. Warnars, D. Setiyadi, dan T. Qurrohman, "Model decision support system for diagnosis COVID-19 using forward chaining: a case in Indonesia," dalam *2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Okt. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/CITSM50537.2020.9268853>
- [4] I. Ardiansah, F. Efatmi, E. Mardawati, dan S. H. Putri, "Feasibility testing of a household industry food production certificate using an expert system with forward chaining method," *Jurnal Online Informatika*, vol. 5, no. 2, hlm. 137, Des. 2020, DOI: <https://doi.org/10.15575/join.v5i2.579>
- [5] I. Ahmad, "Design of the expert system to analyze disease in plant teak using forward chaining," 2017. [Daring]. Tersedia: <http://ijair.id>
- [6] S. Aisa *et al.*, "System weaning food product using forward chaining method," dalam *2021 3rd International Conference on Cybernetics and Intelligent System (Icoris)*, 2021, hlm. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICORIS52787.2021.9649643>
- [7] I. J. Sidik, Yaddarabullah, dan S. D. H. Permana, "Identification of feed in determining the quality of cow's milk using forward chaining," dalam *2021 4th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, 2021, hlm. 362–368. DOI: <https://doi.org/10.1109/IC2IE53219.2021.9649077>
- [8] E. Dwiyanto, R. L. Sinaulan, dan H. A. Mau, "Penegakan hukum pidana terhadap pelanggaran pesawat sipil asing di wilayah udara Negara Kesatuan Republik Indonesia," 2023, [Daring]. Tersedia: <https://doi.org/10.58344/jmi.v2i9.576>
- [9] C. Hoy, "Work fatigue on air traffic controller operator in Sultan Hasanuddin Airport Makassar," *Saudi Journal of Nursing and Health Care*, vol. 3, no. 7, hlm. 214–218, 2020, DOI: <https://doi.org/10.36348/sjnhc.2020.v03i07.005>
- [10] Airnav Indonesia, "Building a Foundation to Meet Challenges of the Future Annual Report 2018," Jakarta.
- [11] S. Balaji dan M. S. Murugaiyan, "Waterfall vs V-Model vs Agile: a comparative study on SDLC," 2012. [Daring]. Tersedia: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:112267808>

Hetly Brinner Yusak Kawet, kelahiran kota Manado, mendapatkan gelar Magister Terapan Pertahanan dari Universitas Pertahanan dari jurusan Rekayasa Pertahanan Siber, Sentul, Bogor.

Aulia Khamas Heikmakhtiar mendapatkan gelar doktor dari Kumoh National Institute of Technology, Korea Selatan. Saat ini berprofesi sebagai dosen di Universitas Pertahanan, Prodi Rekayasa Pertahanan Siber.

Budi Rahardjo, mendapatkan gelar doktor dari Electrical Computer University of Manitoba, Canada. Berprofesi sebagai dosen di Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, dan Universitas Pertahanan, Prodi Rekayasa Pertahanan Siber, serta sebagai praktisi teknologi informasi dan keamanan informasi.