

ANALISIS PENUMPANG DENGAN INTEGRASI SISTEM MICROSERVICE KEIMIGRASIAN DAN MACHINE LEARNING: STUDI KASUS KANTOR IMIGRASI KELAS I TPI TANJUNGPINANG

*PASSENGER ANALYSIS USING IMMIGRATION MICROSERVICE
INTEGRATION SYSTEM AND MACHINE LEARNING: STUDY CASE IN
TANJUNGPINANG IMMIGRATION OFFICE*

<https://10.0.205.137/jikk.v7i1.577>

Submitted: 02-12-2023 Reviewed: 17-01-2024 Published: 25-02-2024

**Raphael Fransiskus
Manurung**
23222307@std.stei.itb.ac.id
**School of Electrical
Engineering and
Informatics Bandung
Indonesia**

Jaka Sembiring
jaka@itb.ac.id
**School of Electrical
Engineering and
Informatics Bandung
Indonesia**

Yoanes Bandung
ybandung@itb.ac.id
**School of Electrical
Engineering and Informatics
Bandung Indonesia**

Abstract (In English). An efficient border and passport services are critical for national security and immigration facilitation. Threats such as illegal workers and human trafficking can endanger the nation's integrity. This study investigates how system integration, data interoperability, and machine learning can enhance immigration processes by extracting insights from border and passport microservices systems. By analyzing real-world data from 2022 to early 2024, pre-processing from 260,000 records of traveler's movement the research achieved a 96% accuracy rate in identifying risks, empowering decision-makers to mitigate threats effectively. Leveraging advanced algorithms, the study enhances system integration performance, ensuring compliance with international standards and adapting to longer passport expiry periods for sustained border security. Adherence to Service-Oriented Architecture principles and rigorous methodology strengthens the study's credibility, with extensive testing validating its functionality. This approach contributes to scholarly discourse on border and passport management, offering insights for decision-making and resource allocation. Additionally, statistical quantitative assessment of the prototype is conducted, based on feedback from 85 users, demonstrates high acceptance, satisfaction, and usability, validating its effectiveness. With a 97% satisfaction rate and 100% success in performance testing, this research underscores the reliability and utility of the proposed solution.

Keywords: machine learning; data interoperability; traveller, passport, immigration

Abstract (In Bahasa). Layanan perbatasan dan paspor yang efisien sangat penting untuk keamanan nasional dan fasilitasi imigrasi. Ancaman yang terjadi seperti pekerja ilegal dan perdagangan manusia dapat membahayakan integritas bangsa. Studi ini menyelidiki bagaimana integrasi sistem, interoperabilitas data, dan pembelajaran mesin dapat meningkatkan proses imigrasi dengan



mengekstraksi insight dari sistem layanan mikro perbatasan dan paspor. Dengan menganalisis data real dari tahun 2022 hingga awal tahun 2024, pra-pemrosesan dari 260.000 catatan pergerakan wisatawan, penelitian ini mencapai tingkat akurasi 96% dalam mengidentifikasi risiko, memberdayakan pengambil keputusan untuk memitigasi ancaman secara efektif. Dengan memanfaatkan artefak algoritma pembelajaran mesin, penelitian ini meningkatkan kinerja integrasi sistem, memastikan kepatuhan terhadap standar internasional dan beradaptasi dengan masa berlaku paspor yang lebih lama untuk keamanan perbatasan yang berkelanjutan. Kepatuhan terhadap prinsip-prinsip Arsitektur Berorientasi Layanan dan metodologi penelitian memperkuat kredibilitas penelitian ini, dengan pengujian ekstensif yang memvalidasi fungsinya. Pendekatan ini berkontribusi pada literasi ilmiah mengenai pengelolaan perbatasan dan paspor, menawarkan wawasan atau pengetahuan baru untuk pengambilan keputusan dan alokasi sumber daya. Selain itu, penilaian kuantitatif statistik terhadap prototipe dilakukan, berdasarkan hasil kuisioner dari 85 pengguna, menunjukkan penerimaan, kepuasan, dan kegunaan yang tinggi, serta memvalidasi efektivitasnya. Dengan tingkat kepuasan 97% dan keberhasilan 100% dalam pengujian kinerja, penelitian ini menghasilkan keandalan dan kegunaan solusi yang diusulkan.

Keywords: pembelajaran mesin, interoperabilitas data, wisatawan, paspor, imigrasi

NOMENCLATURE

<i>SIMKIM</i>	<i>Passport Application</i>
<i>BCM</i>	<i>Border Control Application</i>
<i>SLA</i>	<i>Service Level Agreement</i>
<i>VPN</i>	<i>Virtual Private Connection</i>
<i>IP</i>	<i>Internet Protocol</i>
<i>MRTD</i>	<i>Machine Readable Travel Document</i>
<i>MRZ</i>	<i>Machine Readable Zone</i>
<i>ICAO</i>	<i>International Civil Aviation Organization</i>
<i>HTTP</i>	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<i>API</i>	<i>Application Programming Interface</i>
<i>REST</i>	<i>Representation State Transfer</i>
<i>SOA</i>	<i>Service Oriented Architecture</i>
<i>SCSE</i>	<i>Services Computing System Engineering</i>
<i>NS</i>	<i>Number of Sample</i>
<i>BW</i>	<i>Bandwidth</i>
<i>No</i>	<i>Number</i>
<i>UAT</i>	<i>User Acceptance Test</i>
<i>IT</i>	<i>Information Technology</i>
<i>S O</i>	<i>Service Optimization</i>
<i>USE</i>	<i>Usefulness, Satisfaction, and Ease of Use</i>
<i>VPN-IP</i>	<i>Virtual Private Connection Internet Protocol</i>
<i>MPLS</i>	<i>Multi-Protocol Label Switching</i>
<i>RCA</i>	<i>Request Completion Algorithm</i>
<i>BEL</i>	<i>Back End Latency</i>
<i>FEL</i>	<i>Front End Latency</i>
<i>TCAI</i>	<i>Throughput Consumption Algorithm Inbound</i>
<i>TCAO</i>	<i>Throughput Consumption Algorithm Outbound</i>
<i>BEI</i>	<i>Back End Inbound</i>
<i>FEI</i>	<i>Front End Inbound</i>
<i>BEO</i>	<i>Back End Outbound</i>
<i>FEO</i>	<i>Front End Outbound</i>

1. INTRODUCTIONS

Mobilitas yang tinggi di perbatasan internasional telah membawa tantangan baru dan kompleks dalam pengelolaan layanan keimigrasian, khususnya terkait penanganan masalah pekerja migran ilegal (2017). Kerentanan yang semakin tinggi ini juga ditambah dengan masalah perdagangan manusia yang berbahaya, dimana individu, seringkali ditipu, dieksploitasi untuk menjadi pekerja ilegal atau bentuk eksploitasi lainnya. Masa berlaku paspor yang diperpanjang menjadi 10 tahun juga menambah kompleksitas pengawasan keimigrasian (2017) (Bakker and Mirwanto, 2021). Menanggapi tantangan yang beragam ini, analisis yang komprehensif dan berbasis data perlu dilakukan untuk membantu pembuat kebijakan dalam memahami dan memitigasi masalah kompleks terkait keimigrasian (Bakker and Mirwanto, 2021) (Wang and Geng, 2023). Sejalan dengan dinamika yang terjadi, pentingnya mengatasi ancaman keamanan dalam sistem keimigrasian menjadi jelas dalam upaya yang diarahkan pada pengembangan strategi untuk memitigasi penyebaran ancaman secara efektif. Inovasi ini mengarah pada perumusan pendekatan untuk memahami pola kebiasaan perjalanan, memfasilitasi penyediaan informasi yang tepat tentang ancaman spesifik berupa analisis statistik yang mampu menjadi alat untuk mendukung dalam pengambilan keputusan (Bercu, 2001) (Matta *et al.*, 2018).

Pendekatan tradisional sering kali terdapat keterbatasan, oleh karena itu penggunaan teknologi informasi diperlukan untuk memfasilitasi analisis lebih lanjut. Lanskap yang berkembang ini menggarisbawahi kebutuhan akan solusi interdisipliner yang mengintegrasikan kemajuan dalam pembelajaran mesin dan pemodelan statistik untuk meningkatkan kualitas pelayanan keimigrasian. Melalui upaya-upaya yang saling berhubungan ini, terdapat upaya berkelanjutan untuk menciptakan lingkungan yang lebih aman dan lebih terinformasi dalam mengatasi berbagai tantangan yang muncul (2017) (Taekyoung Kwon and Hyeonjoon Moon, 2008). Selain itu, untuk memastikan validitas solusi komprehensif untuk penerapan pengendalian perbatasan dan penerbitan paspor, pendekatan yang kuat melibatkan pengintegrasian sistem dan mengakomodasi data. Pendekatan teknologi informasi mampu memberikan nilai lebih dibandingkan dengan penggunaan metode konvensional dalam melakukan prediksi, sehingga menawarkan kinerja yang lebih unggul. Efektivitas dalam pemeriksaan perbatasan bergantung pada analisis data paspor yang penting, namun metode manual mengalami kesulitan dalam hal konsistensi dan stabilitas, terutama untuk identifikasi fitur dengan menekankan teknik pemilihan fitur dan informasi terhadap wisatawan dengan kesamaan tinggi dalam pola perjalanannya (Papaioannou *et al.*, 2022) (Robertson *et al.*, 2017).

Sistem verifikasi identitas memberikan peran penting dalam berbagai aspek, dengan menganalisis halaman cap paspor untuk mengelompokkan stempel tera masuk dan tera keluar menggunakan sistem terintegrasi untuk mengenali dan mengklasifikasikan wisatawan yang mampu berkontribusi terhadap kontrol perbatasan yang efisien. Memahami interaksi dan perilaku pengguna melalui analisis data menilai tingkat risiko secara efektif karena pendekatan inovatif memberikan solusi efektif untuk memitigasi risiko tersebut. Hal ini membantu ke depannya dalam mengatasi tantangan yang terkait penilaian risiko perjalanan penggunaan paspor dalam sistem paspor dan perbatasan melalui mekanisme identifikasi adaptif yang disesuaikan dengan perangkat teknologi (Papaioannou

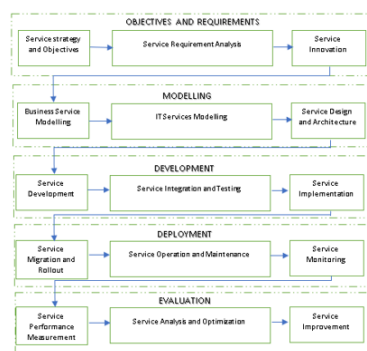
et al., 2022) (Robertson *et al.*, 2017) (Zaaboub *et al.*, 2020) (Gonzalez, Valenzuela and Tapia, 2021) (Zeng *et al.*, 2021) (Yang *et al.*, 2021) (Shi and Jain, 2019). Inspeksi visual fisik paspor tetap menjadi metode utama untuk memverifikasi wisatawan berdasarkan standar internasional (ICAO), karena metode evaluasi otomatis belum sepenuhnya dapat diandalkan. Kerangka kerja ICAO dirancang untuk memfasilitasi penelitian di bidang ini. Pemodelan sistem yang komprehensif, proses pengembangan, dan evaluasi, serta analisis keamanan, merupakan aspek penting untuk memastikan kualitas dan efisiensi layanan sistem paspor (2017) (Kurniawan *et al.*, 2020). Dengan meningkatnya prevalensi layanan terintegrasi, otentikasi dan verifikasi identitas menjadi semakin efektif untuk aktivitas yang sebelumnya dilakukan secara konvensional (Benalcazar *et al.*, 2023). Kombinasi artefak teknologi informasi pada sistem paspor menjadi peran penting yang dapat dilakukan untuk pengidentifikasian pemodelan dalam meningkatkan kualitas hasil analisis dan pada akhirnya mengarah pada layanan perangkat lunak berkualitas lebih tinggi (Sanchez-Stern *et al.*, 2023) (2021) (Aziz *et al.*, 2020). Untuk mendukung tujuan ini, pemerintah semakin banyak menerapkan transformasi *digital* dalam sistem yang kompleks dengan menggunakan *cloud computing* sebagai pendekatan strategis untuk memberikan layanan sistem yang terukur dan fleksibel secara efisien. Di sektor publik, khususnya layanan keimigrasian, terdapat peningkatan ketergantungan pada teknologi baru untuk menyediakan layanan cerdas dengan memanfaatkan integrasi data dan teknologi. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan layanan yang digunakan bersama dalam kapasitas tugas pokok dan fungsinya, strategi sangat penting dalam memaksimalkan manfaat dari layanan, memastikan bahwa pengguna dan penyedia layanan memperoleh nilai optimal dari sumber daya yang digunakan. Pendekatan ini membantu memahami bagaimana interoperabilitas dapat dicapai di berbagai implementasi untuk berbagi informasi secara terintegrasi (2017) (Bakker and Mirwanto, 2021) (2021) (Gaol, Nugraha and Matsuo, 2023). Berdasarkan latar belakang yang disebutkan sebelumnya serta pengalaman kerja sebagai petugas imigrasi di Indonesia, terdapat kebutuhan untuk melakukan studi eksperimental yang bertujuan untuk melakukan ekstraksi variabel yang paling informatif dalam keadaan paspor dan perbatasan serta mengintegrasikan sistem penerbitan paspor dan sistem pengawasan perbatasan. melalui *cloud computing* untuk interoperabilitas pertukaran data dalam hal pelayanan publik paspor dan optimalisasi penggunaannya dalam rangka mendorong transformasi *digital* dan mendapatkan wawasan atau pengetahuan baru bagi pemangku kepentingan untuk memberikan izin atau penolakan atas segala permintaan penerbitan paspor beserta penggunaannya ('LAW OF THE REPUBLIC OF INDONESIA', no date).

2. METHOD

Seiring berkembangnya sistem arsitektur dan teknologi, hal ini mampu menyebabkan entitas komponen yang sudah tidak diperlukan tertinggal dalam desain sistem (Mittal and Gillespie, 2024). Keadaan ini menimbulkan pertanyaan penelitian untuk melakukan inovasi sistem sebagai berikut.

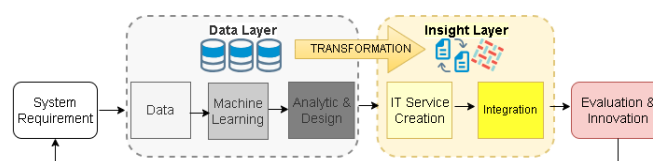
1. Bagaimana cara mengekstrak data dan mengubahnya menjadi wawasan atau pengetahuan baru yang berguna untuk Imigrasi?
2. Apa manfaat mengintegrasikan data dalam sistem layanan-layanan mikro di Imigrasi?

Hal ini untuk meningkatkan kualitas desain dan meningkatkan layanan mendasar di seluruh sistem keimigrasian yang kompleks. Sistem yang kompleks dicirikan oleh banyaknya komponen, koneksi, dan pengaturan yang spesifik sesuai kebutuhan. Meskipun banyak ukuran kompleksitas berfokus pada struktur atau fungsi, penting untuk mempertimbangkan keadaan dan perilaku secara bersamaan, karena keduanya sangat berdampak pada desain dan kinerja sistem. Rekayasa sistem mencakup metodologi dan proses untuk mendukung seluruh siklus hidup sistem, mulai dari desain hingga pengujian. Artikel ini mengintegrasikan prinsip-prinsip dari konsep rekayasa sistem dengan kerangka kerja SCSE dalam metodologi eksperimental. Kombinasi ini menggabungkan proses rekayasa sistem, alat, dan rancangan ke dalam lingkungan operasional yang terkait erat dengan pemeliharaan sistem. Pengembangan model sistem untuk mengakomodir elemen operasional seperti prosedur dan skrip dan yang dipandu secara sistematis dan benar dengan mengikuti kerangka kerja SCSE yang digambarkan secara rinci pada Gambar 1. (Kurniawan *et al.*, 2020) (Mathieson, Mazzuchi and Sarkani, 2021). Kerangka kerja SCSE berikut memberikan pendekatan terstruktur untuk pemecahan masalah dan pengembangan, menawarkan *blueprint* sistem tentang bagaimana melakukan pendekatan terhadap suatu proyek. Kerangka kerja ini biasanya menguraikan berbagai fase atau langkah yang harus diikuti, memastikan kemajuan yang sistematis dan terorganisir mulai dari identifikasi masalah hingga implementasi solusi. Dengan menggabungkan SCSE yang ada dan kerangka desain intelijen sistem yang diusulkan ini dengan pendekatan khusus terhadap sistem keimigrasian yang kompleks, yang disesuaikan dengan karakteristik unik dari kumpulan data dan sistem, sehingga dapat memanfaatkan yang terbaik dari kedua keunggulan tersebut. Meskipun kerangka umum memberikan landasan dan struktur yang kuat, kerangka tambahan dengan teknik khusus menawarkan fleksibilitas dan kemampuan beradaptasi yang diperlukan untuk mengatasi tantangan kompleks secara efektif. Pendekatan hibrid ini memungkinkan solusi yang lebih komprehensif dan bernuansa yang memperhitungkan serta memberikan solusi atas masalah yang ada. Kerangka penelitian desain intelijen sistem digambarkan secara rinci pada Gambar 2.



Source: modified by authors [14]

Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian SCSE Framework.



Gambar 2. Kerangka Kerja Penelitian.

A. OBJECTIVE AND REQUIREMENTS

Tahap pertama adalah menganalisis layanan apa yang dibutuhkan dan bagaimana cara meningkatkannya. Penting untuk melakukan sinkronisasi rencana kerangka kerja penelitian ini dengan keinginan dan tujuan organisasi serta mengumpulkan umpan balik dari sisi bisnis dan teknologi informasi (TI), kemudian melihat seberapa baik sistem saat ini bekerja dan apa yang benar-benar dibutuhkan pengguna. Hal ini membantu menemukan cara baru untuk meningkatkan layanan, baik untuk bisnis maupun TI, sehingga model layanan baru yang dikembangkan agar sesuai dengan perubahan ini (Kurniawan *et al.*, 2020). Dengan menguraikan bagaimana komponen sistem yang ada bekerja dan terhubung, dan mempertimbangkan arsitektur perangkat lunak selama perancangan kebutuhan dalam pengembangan perangkat lunak yang handal. Hal ini memungkinkan penggunaan kembali modul yang sudah ada untuk pengembangan yang lebih baik lagi (Gillani, Niaz and Ullah, 2022). Seperti telah disebutkan sebelumnya, ada dua *platform* dalam bidang keimigrasian yang perlu diintegrasikan seperti SIMKIM dan Perbatasan dalam hal optimalisasi layanan. Dengan mengumpulkan sampel data dari *big data* populasi pada sistem *database* yang ada di kedua sistem merupakan inti untuk mencapai tujuan penelitian. Pada Tabel 1, terdapat jumlah sampel yang cukup yang diekstraksi untuk dianalisis lebih lanjut. Dalam hal integrasi data, kunci utama antar *database* ditentukan agar layanan baru yang sedang dibangun dapat mencocokkan dan mengambil data secara akurat. Berdasarkan penelusuran, ditemukan bahwa ada dua variabel seperti nomor paspor dan nama pelancong yang ada di kedua sistem. Kemudian dirancang struktur tabel untuk SIMKIM seperti yang dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 2, dan untuk *Border* seperti yang digambarkan pada Tabel 3. Karena penelitian ini akan menghasilkan analisis kinerja dan kontribusi terhadap layanan keimigrasian, diperlukan kebutuhan *log* sistem. Dalam hal *log* untuk *server backend* disimpan ke dalam Tabel 4, kemudian untuk *server frontend* disimpan ke dalam Tabel 5, serta untuk *log* transaksi *login* disimpan ke dalam Tabel 6. Menyimpan *log* kinerja sistem sangat penting untuk pemecahan masalah, optimalisasi kinerja, perencanaan kapasitas, pemantauan keamanan, dan peningkatan berkelanjutan. Dengan menangkap dan menganalisis data kinerja, organisasi dapat secara proaktif mengidentifikasi masalah, memitigasi risiko, dan mengoptimalkan kinerja sistem untuk memenuhi tujuan bisnis secara efektif serta memungkinkan memperoleh wawasan atau pengetahuan baru yang berharga tentang perilaku sistem dan peluang perbaikan proses bisnis, organisasi dapat membuat keputusan berdasarkan data terhadap kinerja sistem, meningkatkan pengalaman pengguna, dan mendorong inisiatif perbaikan yang berkelanjutan.

TABEL 2. Sumber data utama pada sistem keimigrasian.

No	Data Source	Database Type	Quantity
1	SIMKIM	SQL	22,013 rows
2	Border	SQL	129,916 rows

TABEL 3. Sumber data dari sistem SIMKIM.

No	Name	Type	Collation	Null
1	Applicant number	Big int (20)	-	No
2	Applicant date	date	-	No
3	Applicant type	text	utf8mb4_general	No
4	Passport purpose	text	utf8mb4_general	No
5	Applicant name	text	utf8mb4_general	No

6	Date of birth	date	utf8mb4_general	No
7	Gender	text	utf8mb4_general	No
8	Passport type	text	utf8mb4_general	No
9	Passport number	text	utf8mb4_general	No

TABEL 4. Sumber data dari sistem *Border*.

No	Name	Type	Collation	Null
1	Departure/arrival date	date	-	No
2	Traveler name	text	utf8mb4_general	No
3	Nationality	text	utf8mb4_general	No
4	Trip	text	utf8mb4_general	No
5	Check point	text	utf8mb4_general	No
6	Passport type	text	utf8mb4_general	No
7	Passport number	text	utf8mb4_general	No
8	Destination	text	utf8mb4_general	No
9	Date of birth	date	utf8mb4_general	No
10	Gender	text	utf8mb4_general	No

TABEL 5. Data hasil transaksi *HTTP Request*.

No	Name	Type	Collation	Null	Extra
1	ID	int (11)	-	No	AUTO
2	Timestamp	timestamp	-	No	-
3	Method	varchar (10)	utf8mb4_gen	No	-
4	URL	varchar(255)	utf8mb4_gen	No	-
5	IP	varchar(45)	utf8mb4_gen	No	-
6	Hostname	varchar(255)	utf8mb4_gen	No	-
7	Port	int(11)	-	No	-
8	Remote Port	int(11)	-	No	-
9	Protocol	varchar(10)	utf8mb4_gen	No	-
10	Bytes	int(11)	-	No	-
11	Latency	int(11)	-	No	-
12	Requester IP	varchar(255)	utf8mb4_gen	No	-
13	Status	text	utf8mb4_gen	No	-
14	Bytes Sent	Big int (12)	-	No	-
15	Bytes Received	Big int (12)	-	No	-

TABEL 6. Data hasil transaksi *Client Access*.

No	Name	Type	Collation	Null	Extra
1	Total Records Indexed	int(100)	-	No	-
2	Records Found	int(100)	-	No	-
3	Response Status Page Load	text	utf8mb4_gen	No	-
4	Latency Page Load	text	utf8mb4_gen	No	-
5	Passport Number	text	utf8mb4_gen	No	-
6	Passport Number2	text	utf8mb4_gen	No	-
7	Response Status	text	utf8mb4_gen	No	-
8	Latency Export	text	utf8mb4_gen	No	-
9	Bytes Sent	text	utf8mb4_gen	No	-
10	Bytes Received	text	utf8mb4_gen	No	-
11	Hostname	text	utf8mb4_gen	No	-
12	Connectivity	text	utf8mb4_gen	No	-
13	Public IP	text	utf8mb4_gen	No	-
14	Datetime Now	date	-	No	-

TABEL 7. Data hasil transaksi *Login Logs*.

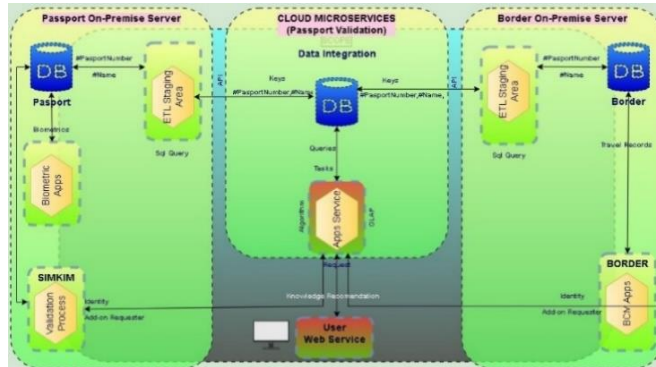
No	Name	Type	Collation	Null	Extra
1	User	varchar(25)	utf8mb4_gen	No	-
2	Datetime Now	timestamp	-	No	-

B. MODELING

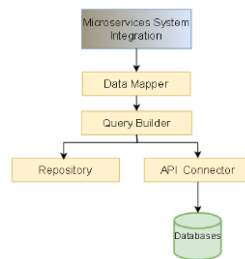
Tahap ini sangat penting, karena tahap pengembangan bergantung pada hasil-hasilnya. Pemodelan layanan bisnis menggunakan *blueprint* layanan dan notasi proses bisnis untuk mengidentifikasi kemampuan layanan dan interaksinya. Kemampuan layanan ditentukan melalui pemodelan layanan tujuan dan dekomposisi proses bisnis. Setiap kapabilitas membentuk antarmuka layanan, memperlihatkan kapabilitas layanan dalam arsitektur layanan bisnis (Kurniawan *et al.*, 2020). Layanan *web* mewakili cara *modern* dalam menggunakan *web*,

mengubahnya menjadi alat komputasi yang kuat. Persyaratan fungsional perlu disesuaikan dengan layanan yang ditemukan, sedangkan persyaratan non-fungsional dikaitkan dengan parameter kualitas layanan rekomendasi layanan *web* beserta atributnya untuk memahami hubungan fungsional yang sering berinteraksi antar layanan (Abbassi, Mammam and Graiet, 2022) (Cao *et al.*, 2023) (Kang *et al.*, 2022). Mengelola *database* secara efektif dalam fase pemodelan diperlukan untuk kualitas layanan yang lebih baik dan itu bergantung pada teknologi komunikasi (Dundjerski and Tomasevic, 2022). Eksperimen ini berfokus pada penggunaan data *real* untuk mengembangkan sistem *database* yang dapat dioperasikan. Kemudian menggabungkan model ilmu data statistik yang disediakan oleh algoritma pembelajaran mesin (Xiao *et al.*, 2023). Menyediakan pemodelan secara rinci, termasuk lapisan arsitektur seperti lapisan arsitektur, lapisan data, lapisan aplikasi, dan lapisan bisnis sangat penting untuk memperoleh pemahaman komprehensif tentang sistem, mengidentifikasi peluang pengoptimalan, memitigasi risiko, memastikan skalabilitas, dan menyelaraskan dengan tujuan bisnis. Ini berfungsi sebagai langkah dasar dalam proses inovasi atau optimalisasi, memandu upaya yang ditargetkan menuju peningkatan kinerja dan efisiensi sistem. Layanan berskala besar sering kali menggunakan beberapa *server* aplikasi untuk menangani permintaan pengguna guna menghindari latensi dan mengoptimalkan kinerja. Mengintegrasikan layanan baru antara *server* layanan yang ada yang mengikuti prinsip arsitektur berorientasi layanan adalah fokus utama dalam fase ini (Zhang *et al.*, 2020) (Erl, Merson and Stoffers, 2017) (Sosa Sanchez *et al.*, 2017) (Chuang, Lee and Yao, 2022). Gambar 3 menjelaskan tentang antarmuka sistem dapat diintegrasikan untuk pertukaran data dengan menggabungkan dua variabel yaitu nomor paspor dan nama wisatawan. Sistem awalnya melakukan verifikasi untuk memastikan *input* yang akan diambil adalah variabel yang tepat dalam sistem. Hasil *false-positive* yang berlebihan sangat tidak dianjurkan dalam penyediaan informasi. Hal ini akan menimbulkan kesalahan keputusan yang diambil oleh pemangku kepentingan dan petugas imigrasi. Gambar 4 memainkan peran mendasar dalam arsitektur sistem, memberikan landasan bagi pengelolaan data yang efektif, integrasi, pemrosesan, keamanan, dan kinerja. Pentingnya hal ini khususnya dalam sistem inovasi atau optimalisasi yaitu pengambilan keputusan berdasarkan data menjadi sangat penting untuk mencapai hasil yang diinginkan. Gambar 5 menjembatani kesenjangan antara pengguna dan infrastruktur yang mendasarinya, menyediakan fungsionalitas, abstraksi, integrasi, penyesuaian, keamanan, dan fitur penting lainnya yang berkontribusi terhadap efektivitas dan kegunaan sistem. Gambar 6 berfungsi sebagai inti sistem perangkat lunak, memberikan landasan untuk menerapkan, mengelola, dan mengembangkan fungsi inti dan aturan bisnis yang mendorong pengoperasiannya. Pentingnya hal ini terletak pada peningkatan modularitas, *reusable*, keandalan, dan keselarasan dengan tujuan bisnis, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap keberhasilan dan kapabilitas sistem. Pengambilan dan visualisasi informasi ditempatkan pada *dashboard* untuk kemudahan penggunaan sebagai desain dalam. Melalui layanan baru teknologi informasi yang dirancang dan pengoperasiannya, tujuan penelitian ini dapat dicapai dengan memberikan tambahan kebutuhan sub sistem seperti yang digambarkan pada Tabel 8. Hal ini didasarkan pada proses penerbitan paspor secara berurutan sebagaimana disebutkan pada Tabel 9 sehingga daftar pengembangannya dijelaskan lebih lanjut secara rinci pada

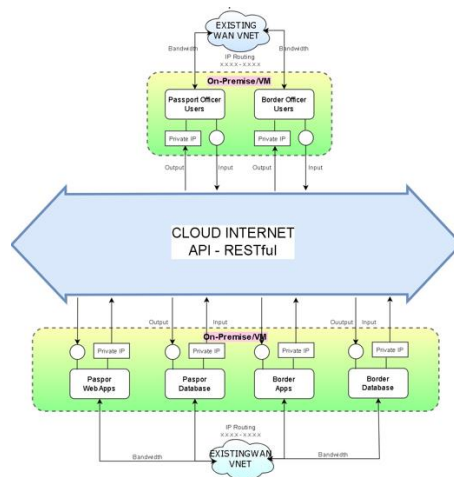
Tabel 10. Berdasarkan jumlah layanan baru dan implementasinya, maka disarankan untuk merencanakan spesifikasi *server* untuk memenuhi semua persyaratan. Perangkat keras secara rinci dapat dilihat pada Tabel 11 berikut dan konfigurasinya pada Tabel 12. Seluruh spesifikasi telah dianalisis untuk memenuhi karakteristik keadaan sistem keimigrasian.



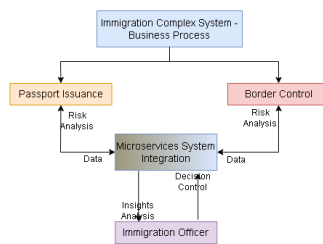
Gambar 3. Layer Arsitektur pada Integrasi Sistem.



Gambar 4. Layer Data pada Integrasi Sistem



Gambar 5. Layer Aplikasi pada Integrasi Sistem.



Gambar 6. Layer Bisnis pada Integrasi Sistem.

Tabel 8. Layanan Sistem operasi yang dibutuhkan.

<i>Number of New IT Services</i>	<i>Number of Operation in New IT Services</i>
8	41

Tabel 9. Kapabilitas Layanan TI yang baru.

<i>IT Services</i>	<i>Capabilities</i>
<i>Applicants</i>	Layanan yang bertujuan untuk menampilkan data permohonan paspor yang diterima ke dalam sistem melalui Aplikasi Pendaftaran Paspor dan Layanan Prioritas Pemohon
<i>Quality Check</i>	Layanan yang bertujuan untuk menampilkan informasi permohonan paspor yang telah diisi lengkap dengan cetakan nomor paspor yang telah lolos uji kualitas
<i>Traveler</i>	Layanan yang bertujuan untuk menampilkan data pelaku perjalanan yang telah menggunakan paspor di Tempat Pemeriksaan Imigrasi untuk keperluan masuk dan keluar wilayah.
<i>Departure</i>	Layanan yang bertujuan untuk menampilkan informasi keberangkatan pelaku perjalanan yang telah menggunakan paspor di Tempat Pemeriksaan Imigrasi untuk keperluan keluar wilayah.
<i>Arrival</i>	Layanan yang bertujuan untuk menampilkan informasi kedatangan pelaku perjalanan yang telah menggunakan paspor di Tempat Pemeriksaan Imigrasi untuk tujuan memasuki wilayah tersebut.
<i>Validation Applicants</i>	Layanan yang bertujuan untuk menampilkan informasi permohonan paspor yang diverifikasi pada Sistem Informasi Manajemen Keimigrasian dan Aplikasi Perbatasan
<i>Join Depart-Arrival</i>	Sebuah layanan yang bertujuan untuk menggabungkan riwayat lalu lintas keluar dan masuk secara berurutan dalam suatu wilayah untuk memfasilitasi analisis penggunaan dokumen perjalanan paspor
<i>Traveler Profiling</i>	Sebuah layanan yang bertujuan untuk mengekstraksi variabel dengan nilai signifikan untuk ekstraksi informasi, seperti karakteristik jenis perjalanan wisatawan, untuk menganalisis penggunaan paspor dan memitigasi penyalahgunaan paspor

Tabel 10. Jenis Kapabilitas Layanan dan Pengujian *Postman Apache JMeter*.

<i>Operation</i>	<i>Capabilities</i>	<i>Testing Sample & Results</i>
<i>GET / API Applicant</i>	Mengakses data <i>JSON Applicants</i>	300-OK
<i>GET / API Quality Check</i>	Mengakses data <i>JSON Quality Check</i>	300-OK
<i>GET /applicants</i>	Menampilkan data <i>applicants (bulk of data)</i>	300-OK
<i>GET /arrival</i>	Menampilkan data <i>arrival (bulk of data)</i>	300-OK
<i>GET /departure</i>	Menampilkan data <i>departure (bulk of data)</i>	300-OK
<i>GET /find specific applicants</i>	Menampilkan <i>specific applicants</i>	300-OK
<i>GET /find specific arrival</i>	Menampilkan <i>specific arrival</i>	300-OK
<i>GET /find specific departure</i>	Menampilkan <i>specific departure</i>	300-OK
<i>GET /find specific quality</i>	Menampilkan <i>specific quality check</i>	300-OK
<i>GET /find specific traveler</i>	Menampilkan <i>specific traveler</i>	300-OK
<i>GET /find Applicants</i>	Mengumpulkan data <i>applicants</i> berdasarkan nama <i>traveler</i>	300-OK
<i>POST /find Applicants</i>	Sortir dan menampilkan data <i>applicants</i> berdasarkan nama <i>traveler</i>	300-OK
<i>GET /find Applicants No Passport</i>	menampilkan data <i>applicants</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>POST /find Applicants No Passport</i>	Sortir dan menampilkan data <i>applicants</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>GET /find Arrival</i>	Menampilkan data <i>arrival</i>	300-OK
<i>POST /find Arrival</i>	Sortir dan menampilkan data <i>arrival</i>	300-OK
<i>GET /find Arrival No Passport</i>	menampilkan data <i>arrival</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>POST /find Arrival No Passport</i>	Sortir dan menampilkan data <i>arrival</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>GET /find Departure</i>	Menampilkan data <i>departure</i>	300-OK
<i>POST /find Departure</i>	Sortir dan menampilkan data <i>departure</i>	300-OK
<i>GET /find Departure No Passport</i>	menampilkan data <i>Departure</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>POST /find Departure No Passport</i>	Sortir dan menampilkan data <i>Departure</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>POST /find name traveler</i>	Memverifikasi data <i>traveler</i>	300-OK
<i>GET /find Quality Check</i>	Menampilkan data <i>Quality Check</i>	300-OK
<i>POST /find Quality Check</i>	Sortir dan menampilkan data <i>Quality Check</i>	300-OK
<i>GET /find Quality Check No Passport</i>	menampilkan data <i>Quality Check</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>POST /find Quality Check No Passport</i>	Sortir dan menampilkan data <i>Quality Check</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>GET /find Traveler</i>	Menampilkan data <i>Traveler</i>	300-OK

<i>POST /find Traveler</i>	Sortir dan menampilkan data <i>Traveler</i>	300-OK
<i>GET /find Traveler No</i>	menampilkan data <i>Traveler</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>POST /find Traveler No Passport</i>	Sortir dan menampilkan data <i>Traveler</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>GET /get Hostname</i>	Menampilkan data <i>client hostname</i>	300-OK
<i>GET /get Public IP</i>	Menampilkan data <i>client internet public IP</i>	300-OK
<i>GET /join Departure Arrival</i>	Menampilkan data <i>departure</i> dan <i>arrival Traveler</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>POST /join Departure Arrival</i>	Menggabungkan, sortir, dan menampilkan data <i>Departure</i> dan <i>Arrival</i> dari <i>Traveler</i> berdasarkan nomor paspor	300-OK
<i>GET /quality check</i>	Menampilkan data <i>quality check</i>	300-OK
<i>POST /request-count</i>	Menghitung jumlah <i>records</i>	300-OK
<i>POST /save Data to</i>	Menyimpan data yang sudah diproses	300-OK
<i>GET /traveler Profiling</i>	Menganalisis pola perjalanan <i>traveler</i>	300-OK
<i>GET /travelers</i>	Menampilkan menu <i>traveler</i>	300-OK
<i>GET /validation Applicants</i>	Menggabungkan pola perjalanan dari data <i>departure</i> dan <i>arrival</i>	300-OK
<i>The Availability (A) of Web Service in Client-Server Configuration</i>		100%

Tabel 11. Kebutuhan Perangkat Server Penyedia Layanan.

No	Specification	Devices	
		On-Premise	Cloud
1	Processor	4 Cores	2 Cores
2	Memory	8 GB	2GB
3	Harddisk	512 GB	128 GB
4	Connection	LAN	Internet
5	Console Editor	VSCode	Web Text Editor
6	Database	SQL	SQL
7	Hostname	localhost	Cloud Domain Cloud Domain

Tabel 12. Konfigurasi Server Penyedia Layanan.

No	IP / Domain	URL / URI
1	IP Address/Domain Name	IP Address /passport URL
2	IP Address/Domain Name	IP Address /border URL
3	IP Address/Domain Name	IP Address /integration URL

C. DEVELOPMENT

Pada tahap ini, sistem layanan atau perangkat lunak dikembangkan berdasarkan desain dari tahap sebelumnya. Pengembangannya mengikuti pendekatan berorientasi layanan tetapi menggabungkan proses rekayasa sistem dan rekayasa perangkat lunak. Fungsi perangkat lunak diimplementasikan menggunakan layanan *web*, yaitu aplikasi modular yang dapat diakses melalui jaringan (Kurniawan *et al.*, 2020). Mengembangkan layanan terintegrasi dianggap sebagai strategi yang efektif untuk memenuhi kebutuhan organisasi yang berubah dengan cepat dan untuk menciptakan nilai lebih bagi pelanggan daripada terus menggunakan pendekatan tradisional seperti monolitik yang menyebabkan keterbatasan dalam ketersediaan layanan, akses jarak jauh, penyediaan, dan skalabilitas (Chuang, Lee and Yao, 2022) (Zaki *et al.*, 2022). Model format data dan pengembangan layanan *web* dibangun di bawah *JSON (JavaScript Object Notation)* dan *RESTful (Representational State Transfer)*. Pada tahap awal sistem dikembangkan di *server on-premise* untuk memastikan kemampuan kinerja dan keandalannya dan kemudian model optimasi penerapan layanan dengan tujuan keandalan aplikasi ditetapkan dan kemudian mengumpulkan *dataset* seperti yang digambarkan pada Tabel 13. Setelah melakukan algoritma pada pembelajaran mesin, variabel muncul dengan ketergantungan nilai kepadatannya. Ada lima variabel paling informatif yang dapat mengarahkan kita untuk menggali wawasan atau pengetahuan baru

seperti yang diusulkan dalam penelitian ini sebelumnya dan detailnya ada pada Tabel 14. Sintaks pemanfaatan *machine learning* dapat dilihat pada Kode 1, Kode 2, Kode 3, Kode 4, dan Kode 5. Mengekstraksi *dataset* membutuhkan waktu sekitar 9 jam dengan menggunakan alat seperti *python* dan *library*. Kumpulan data ini menjalani pra-pemrosesan, dimulai dengan 260.263 baris data, dan setelah difilter, dikurangi menjadi 85.775 *ID* wisatawan dengan semua data duplikat dihapus kemudian untuk mencari, mengumpulkan, dan memberi label pada 2580 *ID* individu yang sebelumnya telah dideportasi dari negara lain kembali ke Indonesia. Penggunaan proses *ETL* akan memenuhi karakteristik yang disebutkan sebelumnya pada Tabel 14.

Tabel 13. Fitur *Dataset* dalam Penggunaan Pembelajaran Mesin.

Feature Number	Feature Name	Feature Type
1	Traveler's Departure/Arrival	Date/Time
2	Traveler's Name	String
3	Traveler's Nationality Code	String
4	Traveler's Nationality	String
5	Transportation's Code	String
6	Direction (Departure/Arrival)	String
7	Allowed/Denied	String
8	Border Location	String
9	Border Name	String
10	Passport Number	String
11	Passport Issuance	String
12	Passport Expiry Date	Date/Time
13	Destination Border	String
14	Date of Birth	Date/Time
15	Gender	String

Code 1: K-Means Algorithm for Density Extraction
<code>model = KMeans (n_cluster = i, init = 'k-means++', max_iter = 300, n_init=10, random_state = 23)</code>
Code 2: Decision Tree Algorithm
<code>model = DecisionTreeClassifier()</code>
Code 3: Support Vector Machine (SVM) Algorithm
<code>model = svm.SVC (kernel = 'linear', verbose = True)</code>
Code 4: Random Forest Algorithm
<code>model = RandomForest()</code>
Code 5: Calculation Algorithm for Traveling Variables Extraction
<code>Age = (DepartureDate) - (Date of Birth);Duration = (Last-Arrival-Date) - (Last-Departure-Date);Frequency = Duration++;Country = MAX (country A++, country++);Category = if "0" then "Normal else "Abnormal"</code>

Tabel 14. Fitur *Dataset* Terpilih dalam Pembelajaran Mesin.

Feature Number	Feature Name	Feature Type	Most informative value which refers to its density value
1	Traveler's Departure/Arrival	Date/Time	✓
2	Direction (Departure/Arriva)	String	✓
3	Border Location	String	✓
4	Destination Border	String	✓
5	Date of Birth	Date/Time	✓
6	Gender	String	✓

Tabel 15. Hasil Statistik dari Analisis Kemampuan Sistem.

No	Type	Requirements	Statistical Mean Value
1	BackEnd Server	Inbound	2451.35 bytes
		Outbound	164644.54 bytes
		Latency per task	11979.67 ms
2	FrontEnd Server	Inbound	164644.54 bytes
		Outbound	2451.35 bytes
		Latency per task	29322.7336 ms

Pada Rumus (1), *RCA* diperoleh dari penjumlahan nilai rata-rata keseluruhan latensi *Back-End* ditambah nilai rata-rata keseluruhan latensi *Front-End* kemudian dibagi dengan 1000 untuk mengkonversi hasilnya dalam hitungan detik sebagai berikut:

Code 6: Request Completion Algorithm (RCA) in Seconds
$RCA = \text{BackEnd Latency} + \text{FrontEnd Latency} / 1000$

$$\overline{RCA} = \left(\left(\frac{1}{BEL} \sum_{i=1}^{BEL} RCA_i \right) + \left(\frac{1}{FEL} \sum_{i=1}^{FEL} RCA_i \right) \right) / 1000 \quad (1)$$

yaitu *RCA* merupakan nilai mean atau nilai rata-rata, *BEL* yaitu jumlah dari *Back-End Latency*, *FEL* yaitu jumlah dari *Front-End Latency*, *RCA_i* yaitu nilai dari setiap transaksi, dan $\sum_{i=1}^{BEL/FEL}$ merupakan keseluruhan jumlah dari *i* =1 sampai dengan *n*. Kemudian, kalkulasi *TCAI* diperoleh dari menjumlahkan dari jumlah rata-rata nilai *mean* dari *Back-End Inbound* dijumlahkan dengan jumlah nilai rata-rata dari nilai mean dari *Front-End Inbound* kemudian dibagi dengan 1000 untuk mengkonversi nilai hasil ke satuan detik seperti dijelaskan pada Formula (2) sebagai berikut:

Code 7: Throughput Consumption Algorithm (TCA) in MB
$TCA \text{ Inbound (TCAI)} = \text{BackEnd Inbound} + \text{FrontEnd Inbound} / 1000$
$TCA \text{ Outbound (TCAO)} = \text{Backend Outbound} + \text{Front-End Outbound} / 1000$

$$\overline{TCAI} = \left(\left(\frac{1}{BEI} \sum_{i=1}^{BEI} TCAI_i \right) + \left(\frac{1}{FEI} \sum_{i=1}^{FEI} TCAI_i \right) \right) / 1000 \quad (2)$$

yaitu *TCAI* merupakan nilai mean atau nilai rata-rata dari *TCAI*, *BEI* yaitu jumlah nilai dari *Back-End Inbound*, *FEI* yaitu jumlah nilai dari *Front-End Inbound*, *TCAI_i* yaitu nilai dari setiap transaksi, dan $\sum_{i=1}^{BEI/FEI}$ merupakan keseluruhan jumlah dari *i* =1 sampai dengan *n*. Kemudian, kalkulasi *TCAO* diperoleh dari menjumlahkan dari jumlah rata-rata nilai mean dari *Back-End outbound* dijumlahkan dengan jumlah nilai rata-rata dari nilai mean dari *Front-End Outbound* kemudian dibagi dengan 1000 untuk mengkonversi nilai hasil ke satuan detik seperti dijelaskan pada Formula (3) as follow:

$$\overline{TCAO} = \left(\left(\frac{1}{BEO} \sum_{i=1}^{BEO} TCAO_i \right) + \left(\frac{1}{FEO} \sum_{i=1}^{FEO} TCAO_i \right) \right) / 1000 \quad (3)$$

yaitu *TCAO* merupakan nilai *mean* atau nilai rata-rata dari *TCAO*, *BEO* yaitu jumlah dari *Back-End Outbound*, *FEO* yaitu jumlah dari *Front-End Outbound*, *TCAO_i* merupakan nilai dari setiap transaksi, dan $\sum_{i=1}^{BEO/FEO}$ merupakan keseluruhan jumlah dari *i* =1 sampai dengan *n*.

Berdasarkan *log* yang diambil antara komunikasi *client-server* selama pengujian, di bawah ini adalah ringkasan transaksi *throughput*. Nilai yang muncul adalah rata-rata dari catatan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 14. Hasil ini adalah bagian penting dari pertukaran data dalam sistem keimigrasian karena *bandwidth* terbatas seperti koneksi *VPN-IP* dan *MPLS* tidak mudah untuk ditingkatkan tanpa adanya penelitian yang terpercaya sebagai sumber referensi dalam meningkatkan jalur *bandwidth*, karena biaya penggunaannya yang mahal yang disertai perjanjian layanan keandalannya yang tinggi.

D. DEPLOYMENT

Tahap ini berfokus pada transisi sistem dari tahap pengembangan ke tahap produksi untuk memastikan sistem terus berfungsi dengan lancar dan efisien. Prinsip ini diperlukan untuk mengatasi penerapan layanan yang dapat digunakan kembali oleh aplikasi yang berbeda (Kurniawan *et al.*, 2020) (Zaki *et al.*, 2022) (Zheng *et al.*, 2021) (Wang *et al.*, 2023). Beberapa kendala muncul seperti yang disebutkan sebelumnya dalam penjelasan kebutuhan kinerja, analisis dilakukan mengikuti konfigurasi yang ada untuk memenuhi semua kebutuhan. Analisis detail diarahkan pada probabilitas implementasi seperti terlihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Akurasi Penggunaan Algoritma Pembelajaran Mesin.

No	Model	Classification Accuracy (F1 Score)	Distribution of Dataset
1	Decision Tree	93%	Detil pada Tabel 17.
2	SVM	85%	Detil pada Tabel 18.
3	Random Forest	96%	Detil pada Tabel 19.

Hasil skor akurasi *F1* diperoleh dari hasil perkalian variabel presisi dan *recall*, kemudian dibagi dengan penjumlahan variabel presisi dan *recall*, kemudian dikalikan dengan nilai 2 seperti pada rumus (4).

$$F1Score = 2 \times \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right) \quad (4)$$

dimana nilai presisi diperoleh dari nilai *True Positive* dibagi dengan penjumlahan variabel *True Positive* dan *False Positive* seperti pada rumus (5).

$$\left(\frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive} \right) \quad (5)$$

dimana nilai *recall* diperoleh dari nilai *True Positive* dibagi dengan penjumlahan variabel *True Positive* dan *False Negative* seperti pada Rumus (6).

$$\left(\frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Negative} \right) \quad (6)$$

True Positives (TP), *False Positives (FP)*, dan *False Negatives (FN)* adalah istilah yang digunakan dalam matriks konfusi, yang sering digunakan untuk mengevaluasi kinerja klasifikasi. skor *F1* adalah metrik yang umum digunakan dalam tugas klasifikasi, termasuk yang dilakukan dengan algoritma pembelajaran mesin seperti *Random Forest*, *Decision Tree*, dan *Support Vector Machine*. Ini adalah ukuran akurasi model yang mempertimbangkan presisi dan perolehan. Ini dihitung sebagai rata-rata harmonik dari presisi dan perolehan. Presisi mewakili proporsi prediksi positif yang sebenarnya di antara semua prediksi positif yang dibuat oleh model, sedangkan perolehan mewakili proporsi prediksi positif yang sebenarnya di antara semua kejadian positif aktual dalam kumpulan data.

Tabel 17. Detil Akurasi Algoritma *Decision Tree*.

Category	Test Size	Results
Accuracy	0.5	0.93
	0.4	0.93
	0.3	0.93
	0.2	0.93
	0.1	0.93

Tabel 18. Detil Akurasi Algoritma *SVM*.

Category	Test Size	Results
Accuracy	0.5	0.83
	0.4	0.84
	0.3	0.85
	0.2	0.85
	0.1	0.85

Tabel 19. Detil Akurasi Algoritma *Random Forest*.

Category	Test Size	Results
Accuracy	0.5	0.96
	0.4	0.95
	0.3	0.95
	0.2	0.96
	0.1	0.96

Tabel 20. Analisis Penghitungan Kapabilitas Penanganan Layanan Keimigrasian.

Existing Condition as Constraints			Implementation Probability Analysis
Office Hour Time	NS	BW	
7 jam = 25200 detik	120	2 MB	Berdasarkan kebutuhan <i>inbound</i> dan <i>outbound</i> , dengan ketersediaan layanan <i>bandwidth</i> pada lebar pita 2 MB di Kantor Imigrasi Tanjungpinang <i>VPN IP</i> , layanan inovasi baru ini dapat diimplementasikan dengan kebutuhan yang dapat dialokasikan hanya pada 12.15% dari lebar <i>bandwidth</i> yang ada saat ini sehingga tidak akan mengganggu layanan yang sedang berjalan saat ini.

Tabel 21. Implementasi Prototipe pada *Cloud*.

No	Item	Detail
1	Hosting Package	Entrepreneur
2	Server Name	Lix3001
3	cPanel Version	114.0 (Build 15)
4	Operating System	Linux

Tabel 22. Hasil Fitur Prototipe Pengembangan Sistem Keimigrasian.

Items	Capture
<p>Login access, Sub Menu, API data source, Traveling profiler</p>	

E. EVALUATION

Tahap kelima berfokus pada evaluasi kinerja sistem. Dua pendekatan digunakan untuk mengevaluasi kinerja: sistem internal (dari sudut pandang sistem) dan sistem eksternal (dari sudut pandang pengguna) (Kurniawan *et al.*, 2020). Evaluasi sistem internal ini menggunakan kondisi terpilih yang penting atau paling informatif dari *database* untuk evaluasi yang disimpan selama fase pengembangan dan penerapan seperti *latency* dan *throughput* untuk membantu organisasi memahami kinerja mereka dan membuat keputusan yang tepat untuk mengembangkan layanan inovatif yang memenuhi kebutuhan pelanggan. (Qi *et al.*, 2020) (Ngo *et al.*, 2023) (Mohammed Elhag and Mohamad, 2015) (Tiwari *et al.*, 2023). Detail evaluasi desain layanan dapat dilihat pada Tabel 23. Evaluasi kinerja dilakukan dan hasilnya dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 10. Kemudian dengan merancang skrip untuk mengambil dan memfilter data untuk masing-masing fungsi, tahap pengembangan dapat dipenuhi dan berfungsi dengan baik seperti yang ditunjukkan secara rinci pada Kode 8 dan Kode 9. Pada akhirnya, kuesioner kegunaan, kepuasan, dan kemudahan penggunaan digunakan untuk validasi dan evaluasi yang dikumpulkan dari uji penerimaan pengguna mengacu pada kegunaan sistem dan kinerja selama fase pengujian (Ahmad, Kusri and Sudarmawan, 2022) (Gao, Kortum and Oswald, 2018). Pertanyaan dan tanggapan masing-masing akan dianalisis untuk memvalidasi pendekatan tersebut.

Tabel 23. Hasil Penghitungan Evaluasi Layanan yang dibangun.

No	Evaluation Factor	Value	Description
1	Coupling Factor (CopF)	0,00340	Tingkat ketergantungan yang tinggi terjadi ketika nilai faktor <i>coupling</i> mendekati nol (Mohammed Elhag and Mohamad, 2015).
2	Cohesion Factor (CohF)	0,03058	Tingkat hubungan antar operasi tinggi karena nilai faktor kohesi yang baik mendekati nol (Mohammed Elhag and Mohamad, 2015).
3	Complexity Factor (ComF)	0,11118	Tingkat kompleksitas pada 10% termasuk tinggi karena nilai faktor kompleksitas yang baik mendekati nol (Mohammed Elhag and Mohamad, 2015).
4	Reusability Factor (ReuF)	1,19512	Sifat <i>reusable</i> ditunjukkan ketika nilai faktor yang dapat digunakan kembali sama dengan atau lebih besar dari satu (Mohammed Elhag and Mohamad, 2015).

Pada Rumus (7), nilai faktor kopling diperoleh dari *nilai Indirect Coupling (IC)* dibagi hasil pengurangan nilai total jumlah layanan dan operasi kuadrat dan nilai total jumlah layanan dan operasi itu sendiri.

$$\text{CopF} = \left(\frac{IC}{f^2 - f} \right) \quad (7)$$

dimana *IC* mewakili kopling tidak langsung dan *f* mewakili jumlah total layanan dan operasi. Kemudian pada Rumus (8) nilai faktor kohesi diperoleh dari nilai banyaknya jasa yang berperan sebagai penyedia dan konsumen dibagi hasil pengurangan nilai jumlah jasa dan operasi dikuadratkan dan nilai jumlah total layanan dan operasi itu sendiri.

$$\text{CohF} = \left(\frac{CM}{f^2 - f} \right) \quad (8)$$

dimana *CM* mewakili jumlah layanan yang bertindak sebagai penyedia dan konsumen dan *f* mewakili jumlah total layanan dan operasi. Kemudian nilai faktor kompleksitas pada Rumus (9) diperoleh dari nilai faktor kopling dibagi dengan nilai faktor kohesi.

$$\text{ComF} = \left(\frac{\text{CopF}}{\text{CohF}} \right) \quad (9)$$

dimana *Cop F* mewakili nilai faktor kopling dan *Coh F* mewakili nilai faktor kohesi. Kemudian nilai *reusability factor* pada Rumus (10) diperoleh dari nilai *Indirect Coupling* dibagi dengan nilai *Direct Coupling*.

$$\text{ReuF} = \left(\frac{CM(SOS)}{DC(SOS)} \right) \quad (10)$$

dimana *CM(SOS)* mewakili nilai kopling tidak langsung dan *DC(SOS)* mewakili nilai kopling langsung.

<i>Code 8: Base Code for API Function "GET"</i>
<code>app. Get ('/find Traveler No Passport', async (req, res) => {try {const search Text = req. query. search Text; 'http://domain/travelers';const response = await axios. get(API Endpoint);</code>
<i>Code 9: Base Code for API Function "POST"</i>
<code>app. Post ('/find Traveler No Passport', async (req, res) => {const search Text = req. body. search Text; const page = req. body. page 1; const page Size = 10; // Number of records per page</code>

3. RESEARCH

Tabel 25 berikut dirancang dalam hal evaluasi dengan analisis kuantitatif untuk memastikan apakah sistem telah memenuhi persyaratan (Gao, Kortum and Oswald, 2018). *Bootstrap sampling* dilakukan dengan menggunakan alat statistik (SPSS) untuk memastikan jumlah minimum sampel *UAT* yang dapat dikumpulkan (Walker and Smith, 2016). Penelitian ini berhasil menentukan ada jumlah sampel sebanyak 66 untuk mencapai interval kepercayaan 97%. Hal ini

menawarkan solusi potensial terhadap tantangan yang telah diuraikan sebelumnya dalam pertanyaan penelitian 1

Tabel 25. Desain Evaluasi Kuisinoner *Usefulness, Satisfaction, and Ease of Use (USE)*.

Items	Category	Scale
Question 1, Question 2, Question 3, Question 4, Question 5	Usefulness	1 to 5
Question 6, Question 7, Question 8, Question 9	Satisfaction	1 to 5
Question 10, Question 11, Question 12	Ease of Use	1 to 5

Tabel 26. Capaian yang telah dihasilkan dengan inovasi penelitian saat ini.

No	Capaian
1	Integrasi sistem keimigrasian pada sistem paspor dan sistem <i>Border</i>
2	Interoperabilitas dan analisis data untuk menghasilkan pengetahuan baru pada sistem keimigrasian
3	Transformasi <i>digital</i> dari data menjadi informasi untuk meningkatkan kualitas layanan keimigrasian.

Pada Tabel 26, integrasi berbagai sistem dan *database* mempunyai potensi besar dalam memperlancar pelayanan pada perbatasan dan paspor. Dengan menghubungkan sistem yang berbeda, seperti *database* imigrasi, sistem penerbitan paspor, dan *platform* pemeriksaan keamanan, desain kerangka eksperimen bertujuan untuk memfasilitasi pertukaran dan pemrosesan informasi yang lebih lancar. Integrasi ini dapat memberikan manfaat yang signifikan seperti pengurangan waktu pemrosesan, peningkatan langkah keamanan melalui berbagi data secara *real-time*, dan peningkatan akurasi dalam proses verifikasi identitas dalam hal menawarkan wawasan atau pengetahuan baru kepada masing-masing pemangku kepentingan (Robertson *et al.*, 2017). *Insight* yang ditunjukkan pada Tabel 28 adalah beberapa informasi penting yang diambil dari sebagian besar data dalam sistem keimigrasian. Prospek ini menawarkan solusi potensial terhadap tantangan-tantangan yang telah diuraikan sebelumnya dalam pertanyaan penelitian 2, yang umumnya ditemui dalam proses penerbitan paspor dan pengawasan perbatasan. Parameter yang terdapat pada Tabel 28 menunjukkan bahwa terdapat ciri-ciri tertentu yang perlu dikaji lebih lanjut karena hal ini dapat mengakibatkan tindakan pelanggaran Undang-undang Keimigrasian mengenai penyalahgunaan paspor akibat akumulasi durasi yang diambil oleh pelaku perjalanan. Tentunya metode ini dapat direkonstruksi dengan menggunakan kerangka kerja yang diusulkan yang digambarkan dengan baik pada Gambar 2. Desain kerangka penelitian disesuaikan untuk mengoptimalkan proses pemberian layanan dengan memanfaatkan integrasi sistem. Melalui mekanisme pertukaran data otomatis, protokol berbagi informasi secara *real-time*, dan prosedur standar, peningkatan efisiensi dapat dicapai di seluruh tahapan layanan perbatasan dan paspor. Dengan meminimalkan intervensi manual dan menghilangkan tugas yang berlebihan, kerangka kerja ini bertujuan untuk menyederhanakan tugas dan fungsi konvensional, yang pada akhirnya menghasilkan waktu pemrosesan yang lebih cepat dan peningkatan pemanfaatan sumber daya. Sistem yang terintegrasi secara baik menjanjikan peningkatan pengalaman keseluruhan dalam penerbitan paspor dan pemeriksaan perbatasan. Peningkatan layanan publik ini tidak hanya meningkatkan tingkat kepuasan namun juga berkontribusi pada reputasi layanan perbatasan dan paspor sebagai layanan yang efektif dan efisien (Sarwar *et al.*, 2023). Integrasi yang efektif antara sistem yang terlibat dalam layanan perbatasan dan paspor sangat penting untuk keberhasilan desain kerangka kerja yang dilakukan. Integrasi sistem menjaga komunikasi dan koordinasi yang lebih baik di antara para pemangku kepentingan, memfasilitasi upaya bersama di berbagai bidang seperti penegakan keamanan, verifikasi identitas, dan pengendalian keimigrasian. Dengan menghilangkan prinsip sistem konvensional yaitu silo dan mendorong pertukaran informasi, sistem yang terintegrasi

memungkinkan pendekatan penyampaian layanan yang lebih kohesif, sehingga meningkatkan efektivitas secara keseluruhan. Desain kerangka eksperimen dirancang agar dapat diskalakan dan disesuaikan untuk mengakomodasi kemajuan teknologi di masa depan dan kebutuhan pengguna yang terus berkembang (Cedillo *et al.*, 2021). Dengan melakukan analisis manfaat layanan secara menyeluruh, pengambil keputusan dapat membuat pilihan berdasarkan informasi mengenai alokasi sumber daya dan investasi pada infrastruktur teknologi. Hasil *UAT* menunjukkan bahwa persentase tingkat penerimaan dari pengguna cukup untuk menyimpulkan bahwa penelitian yang dilakukan dan nilainya dapat memenuhi persyaratan minimum tujuan inovasi dari proyek integrasi ini. Hal ini membuka peluang untuk memperluas cakupan inovasi masa depan seiring dengan tantangan dinamis yang terus terjadi dalam situasi apa pun di Imigrasi.

Tabel 27. Hasil Analisis Statistik dari Kuisisioner menggunakan SPSS.

No	Criteria	Total	Confidence Interval	Pseudo R-Square (Cox and Snell)
1	Usefulness	97%		
2	Satisfaction	98%	97%	.970
3	Ease of Use	97%		

Nilai interval kepercayaan diperoleh dengan mencari nilai *margin of error*. Nilai *margin of error* diperoleh dari nilai tingkat kepercayaan dikalikan dengan nilai hasil pembagian nilai standar deviasi dibagi dengan nilai akar kuadrat dari nilai minimum besar sampel kepercayaan yang ditetapkan seperti yang tertera pada Rumus (11).

$$MOE = z \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

Kemudian nilai minimum sampel diperoleh dari hasil pembagian kuadrat antara hasil perkalian nilai tingkat kepercayaan dan nilai simpangan baku dengan nilai *margin of error* sebagaimana dinyatakan pada Rumus (12).

$$n = \left(\frac{z \times s}{MOE} \right)^2 \quad (12)$$

dimana *MOE* adalah *margin of error*, *z* adalah nilai tingkat kepercayaan, *s* adalah nilai standar deviasi, dan *n* adalah ukuran sampel minimum dari keyakinan yang ditetapkan. Nilai *Pseudo R Square* diperoleh dari pengurangan nilai 1 dan nilai hasil pembagian antara nilai *mode* kemungkinan dan nilai *mode* kemungkinan nol sebagaimana dinyatakan pada rumus (13).

$$R_{pseudo}^2 = 1 - \frac{\text{Log - Likelihood of Mode}}{\text{Log - Likelihood of Null Mode}} \quad (13)$$

dimana *Log-Likelihood of Mode* adalah nilai model yang dipasang dan *Log-Likelihood of Null Mode* adalah nilai model *null* tanpa prediktor.

4. CONCLUSION

Metodologi yang digunakan menyimpulkan bahwa algoritma pengklasifikasi *Random Forest* memiliki kinerja lebih baik daripada algoritme *Support Vector Machine* dan *Decision Tree* dalam hal akurasi, mencapai tingkat akurasi 96% atau lebih. Pengolahan data variabel yang paling informatif dari *clustering* pembelajaran mesin untuk interoperabilitas data melalui layanan *web* mampu meningkatkan efektivitas dan menghasilkan pengetahuan baru berdasarkan data. Selain itu, dengan menggunakan data *real*, model ini secara signifikan

meningkatkan identifikasi potensi risiko secara *real-time* terhadap data wisatawan. Temuan ini menggarisbawahi keefektifan penggunaan teknik pembelajaran mesin dalam penilaian risiko wisatawan, sehingga memberikan kerangka kerja prediktif yang dapat diandalkan untuk mengurangi potensi ancaman. Menekankan pada prioritas positif palsu dibandingkan negatif palsu terbukti lebih efektif, memastikan kandidat risiko potensial diselidiki secara menyeluruh bahkan dalam skor negatif, sehingga mengurangi risiko mengabaikan potensi ancaman. Pendekatan ini menjanjikan bagi para pemangku kepentingan yang ingin meningkatkan efektivitas dalam mengidentifikasi wisatawan berisiko, sehingga memfasilitasi penerapan kebijakan dan penyesuaian peraturan yang bertujuan untuk membatasi penyalahgunaan paspor dalam sistem keimigrasian dan pengawasan perbatasan. Singkatnya, memahami karakteristik pelancong berisiko tinggi sangat penting bagi pemangku kepentingan imigrasi untuk menegakkan keamanan nasional, keselamatan publik, pengawasan perbatasan dan penegakan kebijakan. Dengan menerapkan model terlatih dan memprioritaskan pemrosesan variabel-variabel terpilih untuk mendeteksi pekerja ilegal dan pelancong yang dideportasi, sistem yang ditingkatkan ini dapat mengidentifikasi pelancong berisiko tinggi dengan lebih baik dan mampu memberikan notifikasi awal kepada petugas imigrasi. Hal ini membantu meningkatkan keamanan paspor dan penggunaannya di perbatasan internasional guna memperkuat langkah-langkah perlindungan nasional dan pada akhirnya mengatasi tantangan yang disebutkan sebelumnya dalam pertanyaan penelitian.

Tabel 28. Wawasan atau Pengetahuan Baru yang dihasilkan Sistem Inovasi

No	Feature Variables	Value	Record Found in Dataset
1	Duration	<14 days	3815
		>14 days	1345
2	Frequency	<12 times/year	5134
		>12 times/year	26
3	Age	<17 years old	705
		>17 years old	4454
4	Gender	Male	1895
		Female	3265
5	Country	Country A	3909
		Country B	1251
6	Category	Normal	2580
		Non-Normal	2580

Selanjutnya mengacu pada Tabel 28 sebagai berikut, dapat disimpulkan berdasarkan analisis:

1. Durasi; sebagian besar kasus (3.815) berdurasi kurang dari 14 hari, dibandingkan 1.345 kasus yang berdurasi lebih dari 14 hari. Hal ini menunjukkan bahwa jangka waktu yang lebih pendek lebih umum terjadi dibandingkan jangka waktu yang lebih lama.
2. Frekuensi; sebagian besar kasus (5134) terjadi kurang dari 12 kali per tahun, sementara hanya 26 kasus yang terjadi lebih dari 12 kali per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa kejadian biasanya jarang terjadi.
3. Usia; sebagian besar kasus (4454) melibatkan individu berusia di atas 17 tahun, sedangkan hanya 705 kasus melibatkan individu berusia di bawah 17 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi ini lebih banyak terjadi pada orang dewasa.
4. Jenis Kelamin; ada lebih banyak kasus di kalangan perempuan (3265) dibandingkan laki-laki (1895). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi ini mungkin lebih sering menyerang perempuan dibandingkan laki-laki.

5. Negara; negara A memiliki lebih banyak kasus (3909) dibandingkan Negara B (1251). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi ini mungkin lebih umum terjadi di Negara A.
6. Kategori; jumlah kasus yang tergolong *Normal* (2580) sama dengan jumlah yang tergolong *Abnormal* (2580). Hal ini menunjukkan adanya distribusi yang seimbang antara kasus normal dan *abnormal*.

Ringkasnya, kondisi ini lebih banyak terjadi pada wanita, orang dewasa (>17 tahun), dan di Negara A. Selain itu, kasus ini biasanya memiliki durasi yang lebih lama dan jarang terjadi. Evaluasi berkelanjutan, mekanisme umpan balik, dan perbaikan berulang-ulang sangat penting untuk memastikan efektivitas dan relevansi sistem perbatasan dan paspor yang terintegrasi. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya memprioritaskan investasi pada solusi berbasis teknologi untuk inovasi layanan publik. Dengan memanfaatkan integrasi sistem, interoperabilitas data dan pembelajaran mesin, pemerintah dapat meningkatkan efisiensi operasional, meningkatkan kualitas layanan, dan mengatasi tantangan dinamis saat ini dan masa depan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan wisatawan yang terus berkembang di dunia yang semakin saling terhubung.

Penelitian selanjutnya dapat berfokus pada melakukan eksplorasi integrasi teknologi baru seperti kecerdasan buatan, *blockchain*, dan biometrik ke dalam layanan perbatasan dan paspor. Teknologi ini mempunyai potensi untuk lebih meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keamanan dalam proses verifikasi identitas.. Mengingat meningkatnya ancaman dan kerentanan keamanan siber yang terkait dengan sistem terintegrasi, penelitian di masa depan dapat berfokus pada peningkatan ketahanan dan keamanan layanan perbatasan dan paspor.

5. RESULT

Selain hasil analisis, kontribusi yang dicapai dalam penelitian ini disebutkan pada Tabel 30 dan desain kerangka penelitian yang disajikan dalam makalah ini menunjukkan potensi integrasi sistem untuk meningkatkan optimalisasi layanan perbatasan dan paspor. Dengan menyederhanakan proses, meningkatkan efisiensi, dan sistem yang terintegrasi menawarkan manfaat nyata dalam hal pengurangan waktu pemrosesan, peningkatan profiling wisatawan. Temuan dari eksperimen ini memberikan efektivitas pendekatan terpadu dalam mengatasi tantangan terkait sistem silo data, intervensi manual, dan inefisiensi koordinasi. Melalui pengujian dan evaluasi di tempat studi eksperimen, pengetahuan baru telah diperoleh mengenai kelayakan dan dampak integrasi sistem terhadap inovasi layanan publik di layanan perbatasan dan paspor. Wawasan atau pengetahuan baru yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki implikasi praktis bagi pembuat kebijakan di pemerintahan, dan praktisi yang terlibat dalam layanan perbatasan dan paspor. Desain kerangka eksperimen memberikan panduan yang jelas untuk menerapkan sistem terintegrasi, mempertahankan kolaborasi, dan memanfaatkan teknologi untuk mengoptimalkan proses pemberian layanan.

Tabel 30. Kontribusi terhadap organisasi Kanim Tanjungpinang-Ditjen Imigrasi-Kemenkumham.

No	Contribution	Before	After	UAT
----	--------------	--------	-------	-----

1	Transformasi <i>digital</i> dari konvensional menjadi <i>digital</i> dengan memanfaatkan pertukaran data dalam sistem yang terintegrasi.	Pemeriksaan kelayakan penggunaan paspor masih secara manual	Transformasi <i>digital</i> menggunakan <i>real-time</i> data dengan persentase sukses sebesar 100 % pada uji <i>testing</i> menggunakan <i>tool Postman</i> dan <i>Apache JMeter</i>	97%
2	Peningkatan kuota layanan yang signifikan	120 kuota layanan	614 kuota layanan	97%

ACKNOWLEDGMENT

Penelitian ini didukung oleh LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) Kementerian Keuangan Republik Indonesia dalam masa studi penulis yang saat ini bekerja sebagai ASN di Kantor Imigrasi Kelas I TPI Tanjungpinang dan sedang menempuh Pendidikan Magister Program Studi Teknik Elektro Sub Program Studi Layanan Teknologi Informasi di Fakultas STEI – Institut Teknologi Bandung.

REFERENCES

Abbassi, I., Mammar, A. and Graiet, M. (2022) ‘A Correct-by-Construction Model for Verifying Transactional Composite Services Configuration’, *IEEE Transactions on Services Computing*, 15(5), pp. 2511–2525. Available at: <https://doi.org/10.1109/TSC.2021.3072327>.

Abgaz, Y. *et al.* (2023) ‘Decomposition of Monolith Applications Into Microservices Architectures: A Systematic Review’, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 49(8), pp. 4213–4242. Available at: <https://doi.org/10.1109/TSE.2023.3287297>.

Ahmad, A.E., Kusriani, K. and Sudarmawan, S. (2022) ‘Usability Evaluation of Office Stationery Procurement Service and Management System Using System Usability Scale’, in *2022 6th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*. *2022 6th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, Yogyakarta, Indonesia: IEEE, pp. 498–502. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICITISEE57756.2022.10057706>.

Aziz, O. *et al.* (2020) ‘Research Trends in Enterprise Service Bus (ESB) Applications: A Systematic Mapping Study’, *IEEE Access*, 8, pp. 31180–31197. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2972195>.

Bakker, F.F. and Mirwanto, T. (2021) ‘CONTRIBUTION OF THE ROLE OF INDONESIAN IMMIGRATION IN PREVENTING AND PROTECTING HUMAN RIGHTS AGAINST NON-PROCEDURAL MIGRANT WORKERS (PMI-NP) FROM TRANSNATIONAL CRIMES’, *Journal of Law and Border Protection*, 3(1), pp. 51–63. Available at: <https://doi.org/10.52617/jlbp.v3i1.208>.

Benalcazar, D. *et al.* (2023) ‘Synthetic ID Card Image Generation for Improving Presentation Attack Detection’, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 18, pp. 1814–1824. Available at: <https://doi.org/10.1109/TIFS.2023.3255585>.

Bercu, B. (2001) ‘Weighted estimation and tracking for branching processes with immigration’, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 46(1), pp. 43–50. Available at: <https://doi.org/10.1109/9.898694>.

Bonilla, F., Holzer, T. and Sarkani, S. (2021) ‘Complexity Measure for Engineering Systems Incorporating System States and Behavior’, *IEEE Systems Journal*, 15(4), pp. 4792–4803. Available at: <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3033792>.

Cao, B. *et al.* (2023) ‘Web Service Recommendation via Integrating Heterogeneous Graph Attention Network Representation and FiBiNET Score Prediction’, *IEEE Transactions on Services Computing*, 16(5), pp. 3837–3850. Available at: <https://doi.org/10.1109/TSC.2023.3287189>.

Cedillo, P. *et al.* (2021) ‘Empirical Evaluation of a Method for Monitoring Cloud Services Based on Models at Runtime’, *IEEE Access*, 9, pp. 55898–55919. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3071417>.

Chuang, L.-M., Lee, Y.-P. and Yao, F.-T. (2022) ‘Intelligent Machinery Product Service Blueprint Development and Verification: An Empirical Study of Machine Tool Industry’, *IEEE Access*, 10, pp. 19796–19811. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3150305>.

Dundjerski, D. and Tomasevic, M. (2022) ‘Automatic Database Troubleshooting of Azure SQL Databases’, *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 10(3), pp. 1604–1619. Available at: <https://doi.org/10.1109/TCC.2020.3007016>.

Erl, T., Merson, P. and Stoffers, R. (2017) *Service-oriented architecture: analysis and design for services and microservices*. Second edition. Boston: Prentice Hall (The Prentice Hall service technology series from Thomas Erl).

Gao, M., Kortum, P. and Oswald, F. (2018) ‘Psychometric Evaluation of the USE (Usefulness, Satisfaction, and Ease of use) Questionnaire for Reliability and Validity’, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 62(1), pp. 1414–1418. Available at: <https://doi.org/10.1177/1541931218621322>.

Gaol, F.L., Nugraha, G.D. and Matsuo, T. (2023) ‘Decision as a Service for Transaction Banking Using Service-Oriented Modeling Architecture Methodology’, *IEEE Access*, 11, pp. 41455–41466. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3268284>.

Gillani, M., Niaz, H.A. and Ullah, A. (2022) ‘Integration of Software Architecture in Requirements Elicitation for Rapid Software Development’, *IEEE Access*, 10, pp. 56158–56178. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3177659>.

Gonzalez, S., Valenzuela, A. and Tapia, J. (2021) ‘Hybrid Two-Stage Architecture for Tampering Detection of Chipless ID Cards’, *IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science*, 3(1), pp. 89–100. Available at: <https://doi.org/10.1109/TBIOM.2020.3024263>.

ICAO (2017) ‘ICAO TRIP Guide on BORDER CONTROL MANAGEMENT’. The UN Migration Agency. Available at: <https://www.icao.int/>.

ICAO (2021) ‘ICAO-Machine Readable Travel Documents’. The UN Migration Agency. Available at: <https://www.icao.int/>.

IEEE Standard for Learning Technology--JavaScript Object Notation (JSON) Data Model Format and Representational State Transfer (RESTful) Web Service for Learner Experience Data Tracking and Access (no date). IEEE. Available at: <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2023.10273185>.

Kang, G. *et al.* (2022) 'Web Services Clustering via Exploring Unified Content and Structural Semantic Representation', *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 19(4), pp. 4082–4096. Available at: <https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.3197725>.

Kurniawan, N.B. *et al.* (2020) 'Services Computing Systems Engineering Framework: A Proposition and Evaluation Through SOA Principles and Analysis Model', *IEEE Systems Journal*, 14(3), pp. 3105–3116. Available at: <https://doi.org/10.1109/JSYST.2019.2939433>.

'LAW OF THE REPUBLIC OF INDONESIA' (no date).

Lu, Z., Delaney, D.T. and Lillis, D. (2023) 'A Survey on Microservices Trust Models for Open Systems', *IEEE Access*, 11, pp. 28840–28855. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3260147>.

Malhotra, A. *et al.* (2023) 'Evaluate Solutions for Achieving High Availability or Near Zero Downtime for Cloud Native Enterprise Applications', *IEEE Access*, 11, pp. 85384–85394. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3303430>.

Mathieson, J.T.J., Mazzuchi, T. and Sarkani, S. (2021) 'The Systems Engineering DevOps Lemniscate and Model-Based System Operations', *IEEE Systems Journal*, 15(3), pp. 3980–3991. Available at: <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3015595>.

Matta, V. *et al.* (2018) 'Cyber-Threat Mitigation Exploiting the Birth–Death–Immigration Model', *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 13(12), pp. 3137–3152. Available at: <https://doi.org/10.1109/TIFS.2018.2838084>.

Mittal, V. and Gillespie, S. (2024) 'Using Model-Based Systems Engineering to Avoid Unnecessary Technology Resulting From Dynamic Requirements', *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, pp. 2660–2671. Available at: <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3181268>.

Mohammed Elhag, A.A. and Mohamad, R. (2015) 'SERVICE-ORIENTED DESIGN MEASUREMENT AND THEORETICAL VALIDATION', *Jurnal Teknologi*, 77(9). Available at: <https://doi.org/10.11113/jt.v77.6181>.

Muhlroth, C. and Grottke, M. (2022) 'Artificial Intelligence in Innovation: How to Spot Emerging Trends and Technologies', *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(2), pp. 493–510. Available at: <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.2989214>.

Ngo, N.D.K. *et al.* (2023) 'A Customer-Driven Evaluation Method for Service Innovation in Banking', *IEEE Access*, 11, pp. 68139–68152. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3292123>.

Papaioannou, M. *et al.* (2022) 'Toward a Secure and Usable User Authentication Mechanism for Mobile Passenger ID Devices for Land/Sea Border Control', *IEEE*

Access, 10, pp. 38832–38849. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3164245>.

Qi, L. *et al.* (2020) ‘A Context-Aware Service Evaluation Approach over Big Data for Cloud Applications’, *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 8(2), pp. 338–348. Available at: <https://doi.org/10.1109/TCC.2015.2511764>.

Rauf, B. *et al.* (2021) ‘Enterprise Integration Patterns in SDN: A Reliable, Fault-Tolerant Communication Framework’, *IEEE Internet of Things Journal*, 8(8), pp. 6359–6371. Available at: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3034350>.

Robertson, J.J. *et al.* (2017) ‘A Framework for Biometric and Interaction Performance Assessment of Automated Border Control Processes’, *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 47(6), pp. 983–993. Available at: <https://doi.org/10.1109/THMS.2016.2611822>.

Sanchez-Stern, A. *et al.* (2023) ‘Passport: Improving Automated Formal Verification Using Identifiers’, *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 45(2), pp. 1–30. Available at: <https://doi.org/10.1145/3593374>.

Sarwar, M.I. *et al.* (2023) ‘Digital Transformation of Public Sector Governance With IT Service Management—A Pilot Study’, *IEEE Access*, 11, pp. 6490–6512. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3237550>.

Shi, Y. and Jain, A.K. (2019) ‘DocFace+: ID Document to Selfie Matching’, *IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science*, 1(1), pp. 56–67. Available at: <https://doi.org/10.1109/TBIOM.2019.2897807>.

Sosa Sanchez, E. *et al.* (2017) ‘MigraSOA: Migration of legacy web applications to service oriented architectures (SOA)’, *IEEE Latin America Transactions*, 15(7), pp. 1306–1311. Available at: <https://doi.org/10.1109/TLA.2017.7959351>.

Taekyoung Kwon and Hyeonjoon Moon (2008) ‘Biometric Authentication for Border Control Applications’, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 20(8), pp. 1091–1096. Available at: <https://doi.org/10.1109/TKDE.2007.190716>.

Tiwari, V. *et al.* (2023) ‘Analytical Evaluation of Web Performance Testing Tools: Apache JMeter and SoapUI’, in *2023 IEEE 12th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT). 2023 IEEE 12th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, Bhopal, India: IEEE, pp. 519–523. Available at: <https://doi.org/10.1109/CSNT57126.2023.10134699>.

Walker, D.A. and Smith, T.J. (2016) ‘JMASM36: Nine Pseudo R² Indices for Binary Logistic Regression Models (SPSS)’, *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 15(1), pp. 848–854. Available at: <https://doi.org/10.22237/jmasm/1462077720>.

Wang, J. and Geng, X. (2023) ‘Label Distribution Learning by Exploiting Label Distribution Manifold’, *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 34(2), pp. 839–852. Available at: <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2021.3103178>.

Wang, P. *et al.* (2023) 'Budget-Constrained Optimal Deployment of Redundant Services in Edge Computing Environment', *IEEE Internet of Things Journal*, 10(11), pp. 9453–9464. Available at: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3234966>.

Xiao, W. *et al.* (2023) 'YISHAN: Managing Large-scale Cloud Database Instances via Machine Learning', *IEEE Transactions on Services Computing*, 16(1), pp. 724–738. Available at: <https://doi.org/10.1109/TSC.2021.3131249>.

Yang, W. *et al.* (2021) 'Intelligent Agent-Based Predict System With Cloud Computing for Enterprise Service Platform in IoT Environment', *IEEE Access*, 9, pp. 11843–11871. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3049256>.

Zaaboub, W. *et al.* (2020) 'Neural Network-based System for Automatic Passport Stamp Classification', *Information Technology And Control*, 49(4), pp. 583–607. Available at: <https://doi.org/10.5755/j01.itc.49.4.25919>.

Zaki, J. *et al.* (2022) 'Introducing Cloud-Assisted Micro-Service-Based Software Development Framework for Healthcare Systems', *IEEE Access*, 10, pp. 33332–33348. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3161455>.

Zeng, T. *et al.* (2021) 'Inducing Human Behavior to Maximize Operation Performance at PEV Charging Station', *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(4), pp. 3353–3363. Available at: <https://doi.org/10.1109/TSG.2021.3066998>.

Zhang, Jiao *et al.* (2020) 'Fast Switch-Based Load Balancer Considering Application Server States', *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 28(3), pp. 1391–1404. Available at: <https://doi.org/10.1109/TNET.2020.2981977>.

Zheng, X. *et al.* (2021) 'A Service Deployment Method Considering Application Reliability of Networks', *IEEE Access*, 9, pp. 28505–28513. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3053961>.

Zhou, Z. *et al.* (2020) 'A Systematic Literature Review on Enterprise Architecture Visualization Methodologies', *IEEE Access*, 8, pp. 96404–96427. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2995850>.