

Pengembangan Model Smart Career Link Berbasis Random Forest untuk Pemadanan Kompetensi Lulusan SMK dan Industri

Irwansya*, Euis Nurninawati, Muh Al Ihlas

Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nggusuwaru, Kota Bima, Indonesia

Email: ¹*irwansyafathir@gmail.com, ²euis.nurninawati@raharja.info, ³muh.alihlas18@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: irwansyafathir@gmail.com*

Submitted: 22/08/2026; Accepted: 28/09/2026; Published: 30/09/2026

Abstrak– Perubahan kebutuhan dunia kerja yang semakin dinamis menuntut lulusan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) memiliki kompetensi yang selaras dengan kebutuhan industri. Namun, pemadanan kompetensi lulusan dengan kebutuhan pekerjaan masih terkendala karena informasi kompetensi dan lowongan kerja belum terintegrasi secara optimal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model Smart Career Link berbasis Random Forest untuk melakukan pemadanan kompetensi lulusan SMK dengan kebutuhan industri dan menghasilkan rekomendasi pekerjaan yang relevan. Penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D), sedangkan Waterfall digunakan sebagai model pengembangan sistem perangkat lunak. Data diperoleh dari SMK Negeri 2 Kota Bima tahun 2025-2026, berupa profil kompetensi lulusan dan persyaratan kompetensi pekerjaan. Dari 330 pasangan potensial profil kompetensi dan lowongan pekerjaan, 200 pasangan yang memenuhi kriteria kelengkapan dan relevansi digunakan sebagai dataset. Setiap pasangan merepresentasikan satu unit pemadanan dan diberi label Sesuai atau Tidak Sesuai berdasarkan persyaratan pekerjaan yang diverifikasi oleh BKK, guru produktif, dan/atau mitra industri. Pemadanan mempertimbangkan bidang keahlian, kompetensi teknis, sertifikasi, dan pengalaman praktik kerja industri. Random Forest digunakan untuk klasifikasi kesesuaian. Stratified 5-Fold Cross-Validation menghasilkan accuracy 93,50±1,37%, precision 93,17±2,27%, recall 94,00±4,18%, dan F1-score 93,51±1,48%. Pengujian 40 data testing menghasilkan accuracy 92,50%. Black-box testing terhadap 11 fungsi utama menunjukkan seluruh fungsi berjalan sesuai kebutuhan.

.Kata Kunci: Smart Career Link; Random Forest; Competency Matching; Kompetensi Lulusan; Sekolah Menengah Kejuruan.

Abstract– The increasingly dynamic nature of the labor market demands that Vocational High School (SMK) graduates possess competencies aligned with industry needs. However, matching graduate competencies with job requirements remains challenging due to a lack of optimal integration between competency data and job vacancy information. This study aims to develop a Random Forest-based "Smart Career Link" model to match SMK graduate competencies with industry needs and generate relevant job recommendations. A Research and Development (R&D) approach was employed, utilizing the Waterfall model for software system development. Data was obtained from SMK Negeri 2 Bima City (2025–2026), comprising graduate competency profiles and job competency requirements. Out of 330 potential pairs of competency profiles and job vacancies, 200 pairs meeting completeness and relevance criteria were selected for the dataset. Each pair represented a matching unit labeled as "Suitable" or "Not Suitable" based on job requirements verified by the School Career Center (BKK), vocational instructors, and/or industry partners. The matching process considered fields of expertise, technical competencies, certifications, and industrial work experience. Random Forest was used for suitability classification. Stratified 5-Fold Cross-Validation yielded an accuracy of 93.50±1.37%, precision of 93.17±2.27%, recall of 94.00±4.18%, and an F1-score of 93.51±1.48%. Testing on 40 test samples resulted in 92.50% accuracy. Black-box testing of 11 key functions demonstrated that all functions operated according to requirements.

Keywords: Smart Career Link; Random Forest; Competency Matching; Graduate Competencies; Vocational High School.

1. PENDAHULUAN

Perubahan dunia kerja yang berlangsung cepat menuntut lulusan pendidikan vokasi memiliki kompetensi yang selaras dengan kebutuhan industri [1], [2]. Pada praktiknya, salah satu persoalan yang masih dihadapi lulusan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) adalah ketidaktepatan pemadanan antara kompetensi yang dimiliki lulusan dan kebutuhan dunia kerja [3], [4]. Banyak lulusan SMK telah dibekali keterampilan teknis sesuai bidang keahliannya, namun belum terserap secara optimal karena mekanisme yang mampu memetakan dan menghubungkan kompetensi lulusan dengan kebutuhan industri secara akurat dan sistematis masih perlu diperkuat [5]. Kondisi tersebut berkaitan dengan pola penyaluran lulusan SMK yang masih banyak menggunakan pendekatan konvensional [6]. Informasi lowongan kerja umumnya bersifat umum dan belum sepenuhnya menggambarkan kebutuhan kompetensi secara spesifik, sementara profil lulusan sering direpresentasikan melalui ijazah, sertifikat, dan nilai akademik tanpa pemetaan kemampuan yang lebih rinci [7], [8]. Akibatnya, proses penempatan kerja dapat bergantung pada perkiraan, rekomendasi personal, dan kebutuhan

sesaat industri, sehingga kesesuaian antara kompetensi lulusan dan tuntutan pekerjaan belum tercapai secara optimal [9], [10].

Kondisi ini semakin diperkuat oleh perkembangan Industri 4.0 yang menuntut dunia industri harus memiliki kebutuhan kompetensi yang bersifat dinamis, adaptif dan berbasis teknologi [11]. Dalam kondisi seperti ini, pendekatan manual dan administratif dalam pemadanan lulusan dengan dunia kerja menjadi semakin tidak memadai karena tidak mampu mengelola data kompetensi lulusan dan kebutuhan industri secara berkelanjutan serta dalam skala yang lebih luas [12]. Perubahan karakteristik pekerjaan dan keterampilan yang dibutuhkan menyebabkan pemadanan lulusan dengan pekerjaan tidak cukup dilakukan hanya berdasarkan kesamaan bidang keahlian atau latar belakang pendidikan. Sistem pemadanan perlu mempertimbangkan karakteristik kompetensi, keterampilan yang dipersyaratkan, pengalaman, serta karakteristik pekerjaan secara lebih terstruktur [13], [14]. Dalam kondisi ini, pendekatan manual dan administratif menjadi semakin terbatas karena sulit mengelola data kompetensi lulusan dan kebutuhan industri secara berkelanjutan serta dalam skala yang lebih luas.

Sejumlah penelitian terbaru telah mengembangkan sistem rekomendasi karier dan pemadanan pekerjaan dengan memanfaatkan pendekatan *machine learning*, *content-based filtering*, *collaborative filtering*, dan teknik berbasis kemiripan. mengembangkan *Intelligent Job Matching Model* pada konteks pendidikan vokasi untuk menghasilkan rekomendasi pekerjaan berdasarkan karakteristik profil pengguna [15]. Penelitian lain mengembangkan sistem rekomendasi karier dengan mempertimbangkan kompetensi pengguna dan keterampilan yang dipersyaratkan pada suatu bidang karier serta membandingkan beberapa pendekatan *similarity*, *machine learning*, dan GPT-4 [16]. Penelitian serupa juga menunjukkan pemanfaatan *machine learning* dalam pengembangan model rekomendasi pekerjaan dan sistem pendukung konseling karier [17]. Pada aspek *skill matching*, Chairaroon et al. mengembangkan pendekatan *skill-based job classification and recommendation* dengan memanfaatkan *Natural Language Processing* (NLP) dan membandingkan performa *Random Forest* dengan *Decision Tree* [18]. Studi lain juga menunjukkan bahwa pemadanan keterampilan lulusan dengan kebutuhan pekerjaan dapat digunakan untuk menghasilkan rekomendasi pekerjaan sekaligus mengidentifikasi kesenjangan kompetensi [19].

Meskipun penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi *machine learning* dalam rekomendasi karier dan *job matching*, masih terdapat ruang pengembangan pada mekanisme pemadanan kompetensi, karakteristik dataset, serta strategi evaluasi model. Beberapa penelitian berfokus pada kesamaan keterampilan atau profil pengguna, sedangkan penelitian lainnya mengembangkan rekomendasi berdasarkan kompetensi dan keterampilan yang dipersyaratkan [20]. Namun, pada konteks pendidikan vokasi, karakteristik lulusan memiliki dimensi yang lebih spesifik karena berkaitan dengan bidang keahlian, kompetensi teknis, sertifikasi, dan pengalaman praktik kerja industri. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pengembangan mekanisme *competency matching* yang mengintegrasikan kompetensi teknis, kesesuaian bidang keahlian, sertifikasi, dan pengalaman praktik kerja industri dengan kebutuhan kompetensi pada posisi pekerjaan. Kebaruan penelitian juga diperkuat melalui penggunaan dataset yang menggabungkan profil kompetensi lulusan dan kebutuhan kompetensi industri, perbandingan beberapa algoritma *machine learning*, serta evaluasi performa model menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

Mengikuti perubahan kebutuhan industri, pendekatan *machine learning* digunakan sebagai fondasi analisis data. *Machine learning* mempelajari pola kesesuaian antara kompetensi lulusan dan kebutuhan industri, memperbarui rekomendasi secara dinamis, menghasilkan pemadanan yang lebih akurat dan kontekstual [21], [22]. Integrasi smart career link dengan *machine learning* menjadikan proses pemadanan karier tidak lagi bersifat statis, melainkan berbasis data dan responsif terhadap dinamika Industri 4.0.

Agar sistem dapat bekerja secara adaptif dalam mempelajari pola kesesuaian antara profil lulusan dan kebutuhan pekerjaan, penelitian ini menggunakan algoritma *Random Forest* sebagai metode utama dalam proses klasifikasi dan pemadanan kompetensi. *Random Forest* dipilih karena mampu mengolah sejumlah fitur kompetensi secara simultan dan membangun prediksi melalui kombinasi beberapa *decision tree* [23]. Dataset penelitian disusun dari atribut kompetensi lulusan dan atribut kebutuhan kompetensi pekerjaan yang meliputi kompetensi teknis, bidang keahlian, sertifikasi, dan pengalaman praktik kerja industri. Untuk mengetahui efektivitas metode yang digunakan, performa algoritma *Random Forest* dievaluasi menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Evaluasi ini dilakukan untuk mengukur kemampuan model dalam mengklasifikasikan tingkat kesesuaian antara kompetensi lulusan dan kebutuhan pekerjaan.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian diatas, penelitian ini bertujuan mengembangkan *Smart Career Link* berbasis *machine learning* untuk melakukan pemadanan kompetensi lulusan SMK dengan

kebutuhan kompetensi industri serta menghasilkan rekomendasi pekerjaan yang relevan. Penelitian ini melibatkan BKK, guru produktif, dan mitra industri dalam penyediaan serta validasi informasi kebutuhan kompetensi, sehingga karakteristik pekerjaan yang digunakan dalam proses pemadanan memiliki keterkaitan dengan kebutuhan dunia kerja.

Kontribusi utama dan kebaruan penelitian ini meliputi: (1) pengembangan mekanisme *competency matching* yang mengintegrasikan bidang keahlian, kompetensi teknis, sertifikasi, dan pengalaman praktik kerja industri untuk menentukan tingkat kesesuaian profil lulusan dengan persyaratan pekerjaan; (2) pembangunan dataset pemadanan yang menghubungkan profil kompetensi lulusan SMK dengan persyaratan kompetensi pekerjaan yang divalidasi berdasarkan informasi kebutuhan industri; (3) penerapan algoritma *Random Forest* untuk mengklasifikasikan kesesuaian kompetensi ke dalam kategori *Sesuai* dan *Tidak Sesuai* berdasarkan hasil pemadanan; dan (4) pengembangan mekanisme rekomendasi pekerjaan yang memanfaatkan hasil klasifikasi kompetensi serta evaluasi model menggunakan *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* dengan *Stratified 5-Fold Cross-Validation*.

Kebaruan penelitian terletak pada integrasi antara mekanisme pemadanan multiatribut kompetensi, dataset profil lulusan–kebutuhan pekerjaan yang melibatkan validasi industri, dan klasifikasi *Random Forest* dalam satu mekanisme rekomendasi pekerjaan untuk konteks lulusan SMK. maka penelitian tidak hanya menghasilkan aplikasi tetapi menawarkan pendekatan pemadanan kompetensi yang menghubungkan karakteristik kompetensi lulusan dengan kebutuhan pekerjaan secara lebih terstruktur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* dengan model *Waterfall* untuk pengujian fungsi sistem Smart Career Link berbasis *machine learning* [24], [25], [26]. Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, pengumpulan dan integrasi data, pra-pemrosesan, *competency matching*, pengembangan model, pengujian, dan evaluasi. Data dikumpulkan di SMK Negeri 2 Kota Bima pada tahun 2025–2026, yang meliputi profil kompetensi siswa/lulusan, data penyaluran kerja, serta kebutuhan kompetensi pekerjaan dari BKK, guru produktif, dan mitra industri. Dataset penelitian terdiri atas 200 data pemadanan kompetensi yang merepresentasikan pasangan profil kompetensi dengan persyaratan pekerjaan. Data dipilih berdasarkan kelengkapan informasi bidang keahlian, kompetensi teknis, sertifikasi, pengalaman PKL, dan persyaratan kompetensi pekerjaan. Kebutuhan kompetensi industri divalidasi melalui konfirmasi kepada BKK, guru produktif, dan mitra industri untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan pekerjaan.

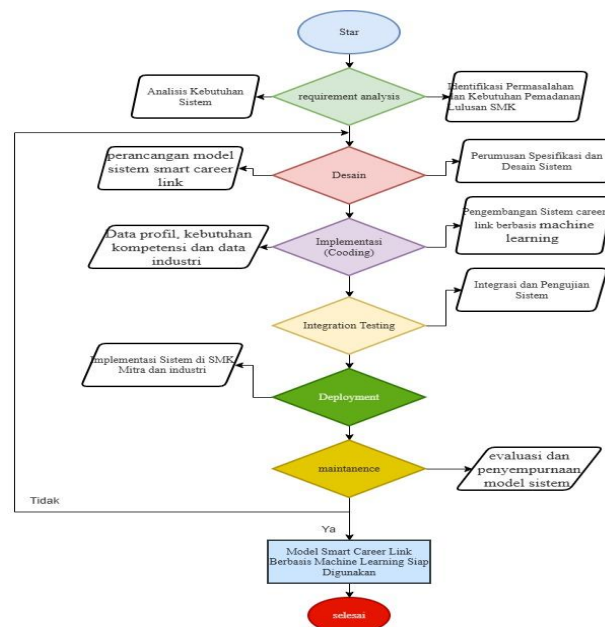
Pra-pemrosesan meliputi *data cleaning*, *encoding*, dan normalisasi. *Cleaning* dilakukan dengan menghapus data duplikat, menangani data tidak lengkap, dan menyeragamkan istilah kompetensi. Data kategorikal dikonversi ke bentuk numerik, sedangkan normalisasi dilakukan terhadap atribut numerik apabila diperlukan. Untuk mencegah *data leakage*, parameter *preprocessing* hanya dihitung dari data *training* pada setiap *fold* dan selanjutnya diterapkan pada data pengujian [27]. Evaluasi model menggunakan *Stratified 5-Fold Cross-Validation*, sehingga proporsi kelas pada setiap *fold* tetap terjaga.

Competency matching dilakukan dengan membandingkan profil kompetensi lulusan dengan persyaratan pekerjaan berdasarkan bidang keahlian, kompetensi teknis, sertifikasi, dan pengalaman PKL. Label diklasifikasikan menjadi “Sesuai” apabila kompetensi utama yang dipersyaratkan terpenuhi dan “Tidak Sesuai” apabila terdapat kompetensi utama yang tidak terpenuhi. *Ground truth* ditetapkan melalui verifikasi BKK, guru produktif, dan/atau mitra industri berdasarkan persyaratan pekerjaan yang terdokumentasi, sebelum proses pelatihan model. Dengan demikian, label tidak ditentukan berdasarkan hasil prediksi *Random Forest* sehingga dapat mengurangi risiko *circularity*.

Selanjutnya, algoritma *Random Forest* dengan $n_estimators = 100$ digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kesesuaian kompetensi. Kinerja model dievaluasi menggunakan *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* serta dilaporkan dalam bentuk $mean \pm SD$ dari lima *fold*. Pengujian fungsional sistem dilakukan menggunakan metode *black-box testing* terhadap 11 fungsi utama dengan membandingkan keluaran aktual dan keluaran yang diharapkan [28], [29]. Model yang telah dievaluasi kemudian diintegrasikan ke dalam Smart Career Link untuk menghasilkan rekomendasi pekerjaan berdasarkan tingkat kesesuaian kompetensi. Karena dataset penelitian masih terbatas dan berasal dari satu sekolah, hasil penelitian perlu divalidasi menggunakan dataset dan konteks sekolah maupun industri yang lebih beragam sebelum diterapkan secara lebih luas.

2.2 Pendekatan penyelesaian Masalah

Permasalahan pemadanan kompetensi lulusan SMK dengan kebutuhan industri diselesaikan melalui sistem *Smart Career Link* berbasis *Random Forest*. Pendekatan dilakukan dengan mengintegrasikan data profil kompetensi lulusan dan kebutuhan kompetensi pekerjaan, kemudian melakukan pra-pemrosesan dan normalisasi data. Selanjutnya, mekanisme *competency matching* membandingkan bidang keahlian, kompetensi teknis, sertifikasi, dan pengalaman praktik kerja industri untuk menentukan tingkat kesesuaian. Hasil pemadanan digunakan sebagai data masukan bagi model *Random Forest* untuk mengklasifikasikan kesesuaian lulusan terhadap pekerjaan. Kinerja model dievaluasi menggunakan *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*, kemudian model diintegrasikan ke dalam sistem untuk menghasilkan rekomendasi pekerjaan berdasarkan tingkat kesesuaian kompetensi.



Gambar 1. Tahapan pemecahan masalah

Gambar diatas dapat dijelaskan tahapan pengembangan *Smart Career Link* berbasis *machine learning* menggunakan model *Waterfall*. Proses diawali dengan analisis kebutuhan (*requirement analysis*) untuk mengidentifikasi permasalahan pemadanan kompetensi lulusan SMK dengan kebutuhan industri serta merumuskan kebutuhan sistem. Tahap berikutnya adalah desain, yang mencakup perumusan spesifikasi, perancangan model, dan desain sistem *Smart Career Link*. Selanjutnya dilakukan implementasi (*coding*), yaitu pengolahan dan integrasi data profil lulusan, kebutuhan pekerjaan, dan kebutuhan industri serta pengembangan sistem berbasis *machine learning*. Setelah itu, dilakukan integrasi dan pengujian untuk memastikan seluruh komponen sistem berfungsi sesuai rancangan. Sistem yang telah memenuhi hasil pengujian kemudian dideploy pada SMK dengan melibatkan mitra industri. Tahap terakhir adalah pemeliharaan (*maintenance*) melalui evaluasi dan penyempurnaan model serta sistem. Jika hasil evaluasi menunjukkan sistem masih memerlukan perbaikan, proses kembali ke tahap analisis; sedangkan jika telah memenuhi kebutuhan, model *Smart Career Link* dinyatakan siap digunakan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil penelitian

Berdasarkan 11 kompetensi keahlian pada SMKN 2 Kota Bima, Diperoleh dari pengumpulan data sebagai berikut.

Tabel 1. Kompetensi Keahlian SMK N 2 Kota Bima.

Kode	Kompetensi Keahlian
TKR	Teknik Kendaraan Ringan
TO	Teknik Otomotif
TBSM	Teknik dan Bisnis Sepeda Motor

TP	Teknik Pengelasan
TKP	Teknik Konstruksi dan Properti
DPIP	Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan
TAV	Teknik Audio Video
TEI	Teknik Elektronika Industri
TITL	Teknik Instalasi Tenaga Listrik
TPTU	Teknik Pendingin dan Tata Udara
KI	Kimia Industri

Selanjutnya, dikumpulkan 30 lowongan pekerjaan yang relevan dengan kompetensi keahlian tersebut dan memenuhi kriteria pemilihan data. Berdasarkan pasangan potensial antara kompetensi keahlian dan lowongan pekerjaan, diperoleh 330 pasangan data. Dari keseluruhan pasangan tersebut, 200 pasangan data yang memenuhi kriteria kelengkapan dan relevansi dipilih sebagai dataset pepadanan untuk pengujian algoritma *Random Forest*.

3.1.1. Konfigurasi Random Forest

Tabel 2. Konfigurasi Random Forest

Parameter	Nilai
n_estimators	100
criterion	Gini
max_depth	None
min_samples_split	2
min_samples_leaf	1
max_features	sqrt
bootstrap	True
random_state	42
Metode validasi	Stratified 5-Fold Cross-Validation

Tabel 2 dapat dijelaskan Random Forest menggunakan 100 decision tree dengan kriteria Gini untuk klasifikasi dua kelas, yaitu Sesuai dan Tidak Sesuai. Evaluasi model dilakukan menggunakan *Stratified 5-Fold Cross-Validation* pada 200 data untuk menjaga proporsi masing-masing kelas pada setiap fold. Kinerja model dievaluasi menggunakan *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

3.1.2. Hasil Pengujian Stratified 5 Fold Cross-Validation

Tabel 3. Hasil Pengujian Stratified 5-Fold Cross-Validation

Fold	Data Training	Data Testing	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Fold 1	160	40	95,00%	95,00%	95,00%	95,00%
Fold 2	160	40	92,50%	94,74%	90,00%	92,31%
Fold 3	160	40	92,50%	90,48%	95,00%	92,68%
Fold 4	160	40	92,50%	94,74%	90,00%	92,31%
Fold 5	160	40	95,00%	90,91%	100,00%	95,24%
Mean	-	-	93,50%	93,17%	94,00%	93,51%
SD	-	-	1,37%	2,27%	4,18%	1,48%

Berdasarkan Tabel 3, model *Random Forest* menghasilkan rata-rata *accuracy* sebesar $93,50 \pm 1,37\%$. Nilai *precision* sebesar $93,17 \pm 2,27\%$, *recall* sebesar $94,00 \pm 4,18\%$, dan *F1-score* sebesar $93,51 \pm 1,48\%$. Nilai standar deviasi menunjukkan variasi performa model antar-fold. *Confusion Matrix Out-of-Fold* pada 200 Data

3.1.3. Confusion Matrix Out-of-Fold

Tabel 4. Confusion Matrix Out-of-Fold pada 200 Data

Aktual / Prediksi	Sesuai	Tidak Sesuai	Total
Sesuai	94	6	100
Tidak Sesuai	7	93	100
Total	101	99	200

Berdasarkan Tabel 4, dari 100 data dengan label aktual Sesuai, sebanyak 94 data berhasil diklasifikasikan dengan benar sebagai Sesuai, sedangkan 6 data diklasifikasikan sebagai Tidak Sesuai. Sementara itu, dari 100 data dengan label aktual Tidak Sesuai, sebanyak 93 data berhasil diklasifikasikan dengan benar dan 7 data diklasifikasikan sebagai Sesuai. dari keseluruhan 200 data, terdapat 187 prediksi yang benar dan 13 prediksi yang salah. Maka hasil menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan 187 dari 200 pasangan pepadanan kompetensi dengan benar berdasarkan prediksi out-of-fold.

3.1.4. Hasil Evaluasi Model

Tabel 5. Evaluasi Model

Kelas	Precision	Recall	F1-Score	Support
Sesuai	95,24%	90,91%	93,02%	22
Tidak Sesuai	89,47%	94,44%	91,89%	18
Macro Average	92,36%	92,68%	92,46%	40
Weighted Average	92,66%	92,50%	92,51%	40

Berdasarkan hasil tersebut, model Random Forest menunjukkan kemampuan klasifikasi yang baik dalam mengidentifikasi kesesuaian antara kompetensi lulusan dan kebutuhan pekerjaan. Nilai akurasi sebesar 92,50% menunjukkan bahwa sebagian besar data pemadanan dapat diklasifikasikan secara tepat. Hasil ini mendukung penerapan algoritma Random Forest sebagai metode klasifikasi pada sistem Smart Career Link untuk membantu memberikan rekomendasi pekerjaan berdasarkan kesesuaian kompetensi lulusan dengan kebutuhan industri.

3.1.1. Hasil Klasifikasi Random Forest

Pengujian algoritma *Random Forest* dilakukan menggunakan 40 data testing yang diperoleh dari pembagian dataset sebanyak 80% data training dan 20% data testing. Data pengujian merepresentasikan pemadanan antara profil kompetensi lulusan dan kebutuhan lowongan pekerjaan berdasarkan 11 kompetensi keahlian.

Tabel 6. Hasil Klasifikasi Random Forest

No	Kode	Kompetensi Keahlian	Data Testing	Prediksi Benar	Prediksi Salah	Akurasi
1	TKR	Teknik Kendaraan Ringan	4	4	0	100,00%
2	TO	Teknik Otomotif	4	4	0	100,00%
3	TBSM	Teknik dan Bisnis Sepeda Motor	4	4	0	100,00%
4	TP	Teknik Pengelasan	4	3	1	75,00%
5	TKP	Teknik Konstruksi dan Properti	4	3	1	75,00%
6	DPIP	Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan	4	4	0	100,00%
7	TAV	Teknik Audio Video	3	3	0	100,00%
8	TEI	Teknik Elektronika Industri	3	3	0	100,00%
9	TITL	Teknik Instalasi Tenaga Listrik	3	2	1	66,67%
10	TPTU	Teknik Pendingin dan Tata Udara	3	3	0	100,00%
11	KI	Kimia Industri	2	2	0	100,00%
Total			40	37	3	92,50%

Berdasarkan Tabel 6, hasil pengujian algoritma *Random Forest* dilakukan terhadap 40 data testing yang merupakan 20% dari total 200 data set. Dari 40 data tersebut, sebanyak 37 data berhasil diklasifikasikan dengan benar, sedangkan 3 data mengalami kesalahan klasifikasi. maka, diperoleh tingkat akurasi keseluruhan sebesar 92,50%.

Pada tingkat kompetensi keahlian, beberapa kategori seperti TKR, TO, TBSM, DPIP, TAV, TEI, TPTU, dan KI memperoleh akurasi 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh data testing pada kategori tersebut berhasil diklasifikasikan dengan benar. Sementara itu, kategori TP dan TKP masing-masing memperoleh akurasi 75%, sedangkan TITL memperoleh akurasi 66,67%. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa data yang memiliki karakteristik kompetensi yang menyebabkan model mengalami kesalahan klasifikasi.

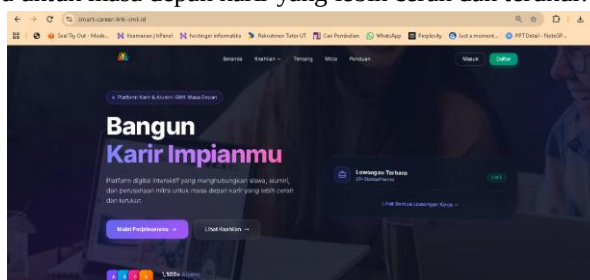
Secara keseluruhan, akurasi 92,50% menunjukkan bahwa *Random Forest* mampu mengklasifikasikan sebagian besar data pemadanan kompetensi dengan benar pada data testing. Namun, akurasi tersebut hanya menggambarkan kinerja pada pembagian data testing 40 sampel. Oleh karena itu, untuk memperoleh gambaran kinerja model yang lebih robust, hasil ini perlu dilengkapi dengan *Stratified 5-Fold Cross-Validation* yang dilaporkan dalam bentuk mean $\pm$ standar deviasi untuk *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

3.2 Tampilan Model Sistem carrer link

Hasil penelitian yang telah dilakukan pada tahap pertama analisis kebutuhan sistem smart carrer link yang telah dilakukan oleh validator rekayasa perangkat lunak, sistem informasi dan machine learning sistem layak digunakan tanpa revisi setelah melakukan uji normalitas dan reliabelitas sebanyak 23 butir soal pada masing-masing angket dengan skala liker sangat baik=5, baik=4, cukup=3, kurang=2, dan sangat kurang=1 hasil uji normalitas menggunakan SPSS mendapatkan Signifikan $0.005 < 0.05$ instrumen sistem informasi, $0.001 < 0.05$

machine learning dan $0.04 < 0.05$ rekayasa perangkat lunak artinya item pertanyaan dari instrumen sistem kurang dari 0.05 maka dapat disimpulkan instrumen normal. Selanjutnya menguji konsisten setiap item pertanyaan menggunakan pengujian reliabelitas pada sistem informasi, machine learning dan rekayasa perangkat lunak hasil pengujian terdapat nilai *cronbach's alpha* sebesar $0.656 > 0.60$ maka sebagaimana dasar pengambilan keputusan uji reliabelitas dapat disimpulkan dari 3 pengujian tersebut reliabel atau konsisten, kriteria kelayakan instrumen dari 3 validator sistem layak digunakan tanpa revisi maka dilanjutkan dengan percobaan skala kecil dan skala besar oleh guru, siswa, industri dan alumni. hasil implementasi sistem yang telah dikembangkan, khususnya tampilan antarmuka aplikasi yang digunakan oleh admin, industri serta siswa dan guru. Beberapa tampilan utama pada aplikasi Smart Career Link SMK meliputi: Halaman Beranda, Halaman Login, Halaman Keahlian, Halaman Mitra, Halaman Tentang dan Halaman Panduan.

Halaman beranda sistem smart career link smk platform digital interaktif yang menghubungkan siswa, alumni, dan perusahaan mitra untuk masa depan karir yang lebih cerah dan terukur.

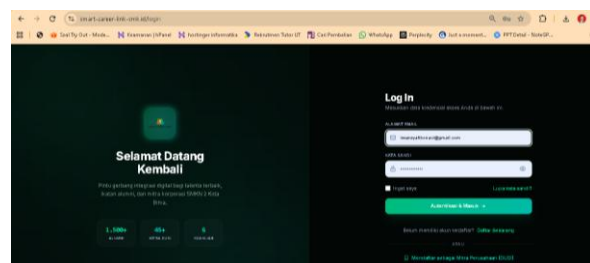


Gambar 1. Tampilan Beranda sistem smart career link SMK.

Gambar 1 dapat dijelaskan bagian paling atas halaman terdapat bilah navigasi yang memuat logo sekolah serta sejumlah menu utama, seperti Beranda, Keahlian, Tentang, Mitra, dan Panduan. Selain itu, pada sisi kanan tersedia tombol Masuk dan Daftar yang memudahkan pengguna untuk mengakses atau membuat akun pada sistem.

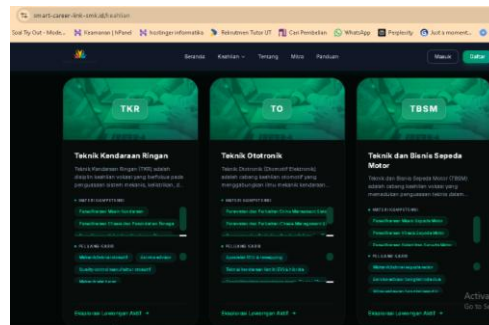
Pada bagian utama halaman (hero section), ditampilkan judul “Bangun Karir Impianmu” dengan perpaduan warna ungu dan putih yang menjadi fokus utama tampilan. Judul tersebut didukung oleh latar belakang visual bernuansa gelap serta deskripsi singkat yang menjelaskan fungsi Smart Career Link sebagai platform digital yang menghubungkan siswa dan alumni dengan perusahaan atau mitra industri. Pengguna juga disediakan dua tombol utama, yaitu “Mulai Perjalananmu” untuk memulai penggunaan platform dan “Lihat Keahlian” untuk melihat informasi mengenai bidang keahlian yang tersedia.

Pada sisi kanan halaman utama terdapat sebuah kartu interaktif bertajuk “Lowongan Terbaru” dengan penanda status LIVE. Fitur ini memberikan akses cepat kepada pengguna untuk melihat informasi lowongan kerja yang tersedia melalui menu “Lihat Semua Lowongan Kerja”. Sementara itu, pada bagian kiri bawah halaman ditampilkan informasi statistik mengenai jumlah alumni yang telah terhubung dan tersalurkan ke dunia kerja, yang menunjukkan peran platform dalam mendukung proses pengembangan karier dan penyaluran lulusan.



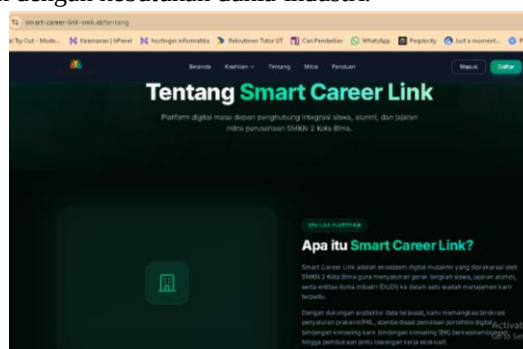
Gambar 2. Halaman Login

Gambar 2. Diatas menampilkan halaman masuk (login) dari platform portal karir web bernama Smart Career Link yang diakses melalui URL smart-career-link-smk.id/login. Platform ini dirancang sebagai sistem integrasi digital yang menghubungkan alumni, talenta lulusan, dan mitra dunia usaha/dunia industri (DUDI) untuk SMKN 2 Kota Bima.



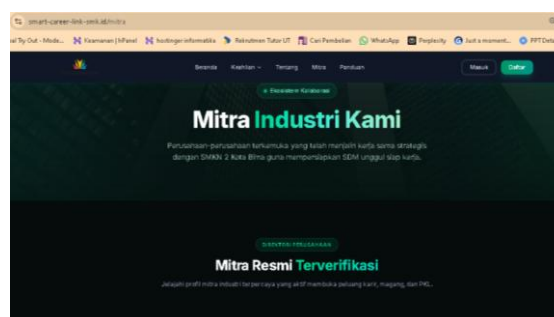
Gambar 3. Halaman Keahlian

Gambar 3 menunjukkan tampilan halaman utama atau dashboard sistem Smart Career Link pada bagian program keahlian. Halaman ini dirancang untuk menampilkan informasi kompetensi yang dimiliki oleh setiap jurusan di SMK secara lebih terstruktur dan mudah dipahami. Pada tampilan keahlian terdapat beberapa kartu program keahlian, yaitu Teknik Kendaraan Ringan (TKR), Teknik Otomotif (TO), dan Teknik dan Bisnis Sepeda Motor (TBSM) dan lain-lain. Setiap kartu menampilkan gambaran singkat mengenai bidang keahlian, daftar kompetensi, serta informasi pendukung yang berkaitan dengan kompetensi lulusan. Melalui tampilan ini, pengguna dapat memilih program keahlian tertentu untuk melihat kompetensi yang dimiliki oleh lulusan. Informasi tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar dalam proses pemetaan kompetensi dan pemadanan antara profil lulusan dengan kebutuhan dunia industri.



Gambar 4. Tentang Smart Carrer Link

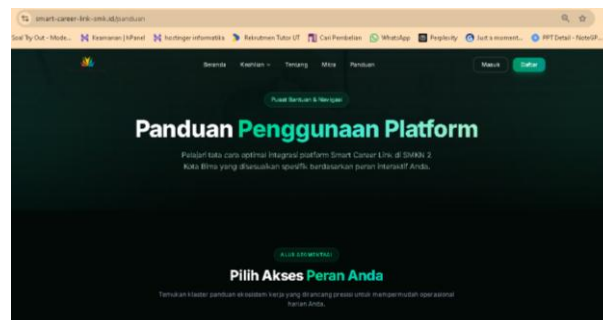
Gambar 4 ini untuk mempermudah proses magang atau PKL, membantu pembuatan portofolio yang lebih rapi, menyediakan layanan konseling karir, serta membuka akses langsung ke berbagai lowongan pekerjaan eksklusif. Melalui kolaborasi erat dengan perusahaan mitra di tingkat nasional maupun internasional, sistem ini berfokus membantu lulusan agar lebih siap kerja, memiliki sertifikasi kompetensi yang diakui, dan lebih mudah terserap di industri.



Gambar 5. Halaman Mitra

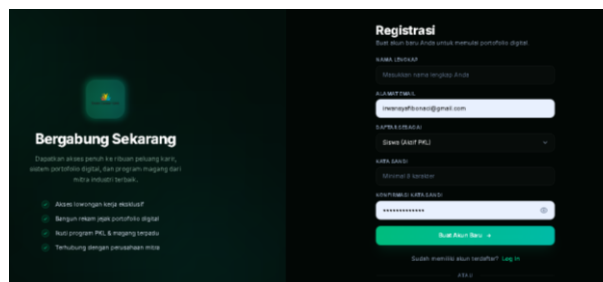
Tampilan gambar 5 halaman Mitra ini mengusung gaya visual bernuansa gelap (dark mode) yang dipadukan dengan aksen warna hijau neon, memberikan kesan modern dan profesional. Di bagian paling atas, terdapat bilah navigasi yang memuat logo Smart Career Link di sebelah kiri, deretan menu seperti Beranda, Keahlian, Tentang, Mitra, dan Panduan di tengah, serta dua tombol aksi bertuliskan Masuk dan Daftar di sudut kanan atas. Layar menampilkan judul besar "Mitra Industri Kami" yang dilengkapi dengan label kecil bertuliskan "Ekosistem Kolaborasi" di atasnya. Di bawah judul tersebut, terdapat kalimat penjelasan yang menginformasikan bahwa halaman ini diperuntukkan bagi perusahaan-perusahaan terkemuka yang bekerja sama dengan SMKN 2 Kota Bima dalam menyiapkan sumber daya manusia yang siap kerja.

terdapat seksi "Direktori Perusahaan" dengan judul "Mitra Resmi Terverifikasi". Bagian ini ditujukan sebagai area pencarian profil mitra industri terpercaya yang menyediakan peluang karir, magang, maupun PKL bagi para siswa dan alumni.



Gambar 6. Halaman Panduan

Gambar 6 Halaman Panduan Penggunaan ini diawali dengan bagian teratas (header) bernuansa hijau tua gelap yang menampilkan logo Smart Career Link di pojok kiri atas, deretan menu navigasi seperti Beranda, Keahlian, Tentang, Mitra, dan Panduan di tengah, serta tombol Masuk dan Daftar di sudut kanan atas. Tepat di bawah bilah navigasi, terdapat area judul utama (*hero section*) dengan label hijau kecil bertuliskan "Pusat Bantuan & Navigasi". Bagian ini menampilkan judul besar "Panduan Penggunaan Platform" beserta satu kalimat penjelasan yang mengajak pengguna mempelajari tata cara integrasi platform Smart Career Link di SMKN 2 Kota Bima sesuai peran masing-masing. Masuk ke bagian berikutnya, layar menampilkan seksi "ALUR SEGMENTASI" dengan judul "Pilih Akses Peran Anda". Di bawah judul tersebut terdapat deskripsi singkat yang mengarahkan pengguna untuk memilih panduan spesifik yang sesuai dengan kebutuhan operasional harian mereka, diikuti oleh potongan kartu-kartu peran yang berada di bagian dasar layar.



Gambar 7. Halaman Registrasi Akun Siswa, Mitra (DUDI), Alumni

Halaman Registrasi ini mengusung desain split-screen berkonsep dark mode dengan sentuhan warna hijau khas Smart Career Link SMKN 2 Kota Bima.

Di panel sebelah kiri berlatar hijau tua, terdapat pesan branding bertajuk "Bergabung Sekarang" yang disertai logo platform di atasnya. Bagian ini memberikan ringkasan manfaat bagi pendaftar, seperti kesempatan mendapat lowongan eksklusif, pembuatan portofolio digital, partisipasi dalam program magang/PKL terpadu, hingga akses langsung ke mitra industri.

Sementara di panel sebelah kanan berlatar hitam, tersaji formulir pendaftaran yang terdiri dari beberapa kolom isian:

- Nama Lengkap: Kolom untuk memasukkan nama pengguna.
- Alamat Email: Kolom email yang saat ini terisi alamat i*****r@gmail.com.
- Daftar Sebagai: Pilihan peran yang sedang mengarah pada Siswa (Aktif PKL) (dengan pilihan opsi lain seperti Alumni SMKN 2 Kota Bima).
- Kata Sandi & Konfirmasi: Dua kolom pengisian kata sandi untuk keamanan akun.

bagian paling bawah panel kanan, terdapat tombol aksi utama bernuansa hijau terang bertuliskan [Buat Akun Baru], tautan Log In untuk pengguna yang sudah terdaftar, serta opsi tombol terpisah Daftar sebagai Mitra Perusahaan bagi perwakilan industri.

3.3 Pengujian fungsi Sistem

Pengujian sistem menggunakan metode black-box testing untuk seluruh fitur yang rancang dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem. berbagai masukan pada setiap fungsi dan mengamati keluaran yang dihasilkan. pengujian fungsi sistem terhadap struktur maupun kode program yang digunakan.

Tabel 7. Hasil Uji Menggunakan Black Box Testing

No.	Fitur	Skenario Uji	Hasil yang diinginkan	Keterangan
1	Halaman beranda	Masuk dengan URL https://smart-career-link-smk.id/	Tampilan antar muka utama tanpa error	Valid
2	Login	Memasukan data username dan password dengan benar dan valid	Masuk ke halaman beranda sesuai dashboard	Valid
3	Registrasi akun	Masukan data: nama, email, peran, dan sandi yang benar	Akun terverifikasi ke-email	valid
4	keahlian	Meng klik menu keahlian	Menampilkan halaman daftar jurusan dan kompetensi yang tersedia	Valid
5	Mitra	Meng klik menu mitra	Menampilkan daftar mitra yang sudah terdaftar yang memiliki lowongan pekerjaan	Valid
6	Dashboard admin	Edit Profil	Menampilkan email dan bergabung	valid
7	Tambah Pengguna	Memasukan data : nama, email, password, rule Dengan benar	Data bertambah	Valid
8	Tambah jurusan	Memasukan data : kode, nama jurusan, deskripsi, kompetensi, peluang karir	Data bertambah	Valid
9	Manajemen lowongan	Cari data lowongan	Menampilkan role lowongan yang sesuai	Valid
10	Manajemen lamaran	Cari pe lamar	Verifikasi pelamar sesuai role	Valid
11	Rekomendasi pekerjaan	Menjawab pertanyaan	Lowongan terekomendasi	Valid

3.4 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan sistem Smart Career Link mampu menjawab permasalahan utama dalam proses pemadanan kompetensi lulusan SMK dengan kebutuhan dunia industri. Permasalahan tersebut sebelumnya muncul karena proses penyaluran lulusan masih cenderung menggunakan pendekatan konvensional, sementara informasi mengenai kompetensi lulusan dan kebutuhan industri belum terintegrasi secara sistematis. Melalui sistem yang dikembangkan, informasi mengenai profil kompetensi, program keahlian, mitra industri, lowongan pekerjaan, dan lamaran dapat ditempatkan dalam satu platform digital. Hal tersebut menjadikan proses pencarian dan pemadanan peluang kerja lebih terarah dibandingkan proses yang hanya mengandalkan informasi secara manual.

Dari sisi fungsionalitas, sistem Smart Career Link menyediakan beberapa fitur utama yang saling mendukung. Halaman keahlian digunakan untuk memberikan informasi mengenai program keahlian dan kompetensi yang tersedia pada SMK. Informasi tersebut menjadi salah satu dasar dalam menggambarkan profil kompetensi lulusan. Sementara itu, halaman mitra menyediakan informasi perusahaan yang telah terdaftar sebagai mitra industri sehingga siswa dan alumni dapat memperoleh informasi mengenai peluang kerja, magang, maupun praktik kerja lapangan. Integrasi kedua informasi tersebut penting karena proses pemadanan tidak hanya membutuhkan data mengenai lulusan, tetapi juga membutuhkan data kebutuhan kompetensi dari pihak industri.

Fitur registrasi dan pengelolaan peran juga memberikan dukungan terhadap pembentukan ekosistem karier digital. Sistem menyediakan akses bagi siswa, alumni, dan mitra industri dengan kebutuhan yang berbeda. Siswa dapat membangun profil dan memperoleh informasi mengenai peluang karier, alumni dapat mengakses informasi pekerjaan yang relevan, sedangkan perusahaan dapat berperan sebagai penyedia peluang kerja dan kebutuhan kompetensi. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai portal lowongan pekerjaan, tetapi dirancang sebagai media penghubung antara lembaga pendidikan, lulusan, dan industri.

Hasil pengujian menggunakan metode black-box testing memperlihatkan bahwa fungsi-fungsi utama sistem dapat berjalan sesuai dengan skenario pengujian. Sebanyak 11 fungsi yang diuji, yaitu halaman beranda, login, registrasi akun, keahlian, mitra, dashboard admin, tambah pengguna, tambah jurusan, manajemen lowongan, manajemen lamaran, dan rekomendasi pekerjaan, memperoleh keterangan valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dari sisi fungsional, sistem telah mampu menjalankan kebutuhan dasar yang dirancang dalam penelitian. Pengujian black-box juga menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan keluaran sesuai dengan masukan yang diberikan pada setiap fungsi.

Pada fitur rekomendasi pekerjaan, sistem diarahkan untuk membantu pengguna memperoleh lowongan yang sesuai dengan profil dan kompetensinya. Fitur tersebut menjadi bagian penting karena tujuan utama Smart Career Link bukan sekadar menyediakan informasi lowongan, tetapi membantu proses pemadanan antara kompetensi lulusan dan kebutuhan pekerjaan. Pendekatan machine learning dalam sistem memberikan dasar bagi pengembangan proses rekomendasi yang dapat memanfaatkan data kompetensi dan kebutuhan industri. Dengan semakin banyak data yang tersedia dan tervalidasi, sistem memiliki peluang untuk menghasilkan rekomendasi yang semakin kontekstual terhadap profil pengguna dan kebutuhan industri.

Hasil penelitian juga menunjukkan pentingnya keterlibatan mitra industri dalam pengembangan sistem. Data yang berasal dari industri dapat memberikan gambaran mengenai kompetensi yang benar-benar dibutuhkan dalam dunia kerja. Hal ini dapat mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki lulusan dengan kompetensi yang dipersyaratkan perusahaan. Oleh karena itu, keberadaan halaman mitra dan mekanisme pengelolaan lowongan tidak hanya berfungsi sebagai fitur tambahan, tetapi menjadi bagian penting dalam membangun hubungan antara institusi pendidikan dan dunia kerja.

Smart Career Link memiliki keunggulan pada integrasi data dan penyediaan layanan dalam satu platform. Proses konvensional cenderung mengharuskan siswa atau alumni mencari informasi lowongan secara terpisah dan pihak sekolah melakukan penyaluran berdasarkan informasi yang tersedia. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini berusaha mengintegrasikan data tersebut sehingga proses pencarian, pengelolaan, dan rekomendasi peluang kerja dapat dilakukan melalui satu sistem. Dengan demikian, sistem dapat mendukung pengelola Bursa Kerja Khusus (BKK) dalam melakukan proses penyaluran lulusan secara lebih terarah.

Dari aspek antarmuka, hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem memiliki halaman beranda, login, keahlian, mitra, tentang, panduan, dan registrasi yang dirancang untuk mendukung kebutuhan masing-masing pengguna. Tampilan tersebut tidak hanya menjadi media penyajian informasi, tetapi juga membantu pengguna memahami alur penggunaan sistem. Halaman panduan, misalnya, memberikan arahan berdasarkan peran pengguna sehingga proses penggunaan platform dapat dilakukan secara lebih mudah. Desain antarmuka yang terstruktur juga mendukung tujuan sistem sebagai platform karier digital yang dapat digunakan oleh siswa, alumni, guru, dan mitra industri.

Secara keseluruhan, hasil penelitian memperlihatkan bahwa Smart Career Link dapat menjadi solusi digital untuk mendukung pemadanan kompetensi lulusan SMK dengan kebutuhan industri. Integrasi antara data kompetensi, informasi mitra, lowongan pekerjaan, lamaran, dan rekomendasi memberikan dasar bagi terbentuknya ekosistem karier yang lebih terstruktur. Sistem ini tidak hanya membantu siswa dan alumni dalam memperoleh peluang kerja, tetapi juga dapat membantu sekolah dan industri membangun hubungan yang lebih efektif dalam proses penyaluran lulusan. Dengan pengembangan dataset, validasi industri, serta evaluasi performa machine learning yang lebih komprehensif, Smart Career Link berpotensi dikembangkan menjadi sistem pemadanan karier yang lebih adaptif dan akurat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem Smart Career Link berbasis Random Forest berhasil dikembangkan untuk mendukung proses pemadanan kompetensi lulusan SMK dengan kebutuhan industri. Sistem mengintegrasikan data kompetensi lulusan, program keahlian, mitra industri, lowongan pekerjaan, lamaran, dan rekomendasi pekerjaan dalam satu platform digital sehingga dapat mendukung proses penyaluran lulusan secara lebih terarah dan berbasis kesesuaian kompetensi. Mekanisme pemadanan menggunakan atribut bidang keahlian, kompetensi teknis, sertifikasi, dan pengalaman praktik kerja industri. Hasil *Stratified 5-Fold Cross-Validation* menunjukkan *accuracy* $93,50 \pm 1,37\%$, *precision* $93,17 \pm 2,27\%$, *recall* $94,00 \pm 4,18\%$, dan *F1-score* $93,51 \pm 1,48\%$. Pada 40 data testing, *accuracy* mencapai 92,50%. Pengujian *black-box* terhadap 11 fungsi utama menunjukkan seluruh fungsi berjalan sesuai kebutuhan. Pengujian metode *black-box testing* terhadap 11 fungsi utama menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan dan valid. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan

karena evaluasi dilakukan menggunakan dataset yang terbatas dan dalam konteks satu sekolah, sehingga temuan yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan secara langsung pada sekolah atau wilayah lain. Oleh karena itu, diperlukan validasi eksternal dengan melibatkan dataset yang lebih besar, karakteristik sekolah yang beragam, serta kebutuhan industri dari wilayah yang berbeda untuk menguji konsistensi kinerja dan penerapan Smart Career Link pada konteks yang lebih luas.

REFERENCES

- [1] P. Rikala, G. Braun, M. Järvinen, J. Stahre, and R. Hämäläinen, “Understanding and measuring skill gaps in Industry 4.0—A review,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 201, p. 123206, 2024.
- [2] A. Bhoj, “Aligning Education with Industry: Evaluating Vocational Courses across Undergraduate, Graduate and Postgraduate Levels,” *Dev. Res.*, p. 209, 2024.
- [3] N. Paramitasari, K. Khoirunurrofik, B. R. Mahi, and D. Hartono, “Charting vocational education: impact of agglomeration economies on job–education mismatch in Indonesia,” *Asia-Pacific J. Reg. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 461–491, 2024.
- [4] A. Botezat, C. Incaltarau, S. A. Diac, and A. C. Grosu, “Having your career path decided too early: the effects of high school track on education-occupation mismatch,” *Int. J. Manpow.*, vol. 45, no. 6, pp. 1171–1190, 2024.
- [5] R. W. Daryono, M. A. Ramadhan, N. Kholifah, F. D. Isnantyo, and M. Nurtanto, “An empirical study to evaluate the student competency of vocational education,” *Int. J. Eval. Res. Educ.*, vol. 12, no. 2, pp. 1079–1086, 2023.
- [6] G. Wang and Z. Wang, “Vocational education: a poor second choice? A comparison of the labour market outcomes of academic and vocational graduates in China,” *Oxford Rev. Educ.*, vol. 49, no. 3, pp. 408–427, 2023.
- [7] S. Rahmadhani and L. Suryati, “Vocational high school students’ competency needs to the world of work,” *Mimb. Ilmu*, vol. 27, no. 2, pp. 349–355, 2022.
- [8] A. S. Lopes, I. Rebelo, R. Santos, R. Costa, and V. Ferreira, “Supply and demand matching of VET skills-a regional case study,” *Cogent Educ.*, vol. 10, no. 1, p. 2200550, 2023.
- [9] A. Müller, “Cooperation between colleges and companies: Vocational education, skill mismatches and China’s turnover problem,” *China Q.*, vol. 260, pp. 986–1004, 2024.
- [10] S. Gooptu, C. Bros, and S. R. Chowdhury, “Estimating skill mismatch in the Indian labour market: A regional dimension,” *Glob. Bus. Rev.*, p. 09721509221146400, 2023.
- [11] J. Mondolo, G. Pedrini, and M. Cucculelli, “Understanding the skill provision of the I4. 0 digital transformation: evidence from Italian companies,” *Eurasian Bus. Rev.*, pp. 1–44, 2026.
- [12] I. Bohashko and O. Bohashko, “Development of organisational competencies during transition and adaptation to industry 4.0.,” in *ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 2024, pp. 34–38.
- [13] M. Cieciora, W. Bolkunow, P. Pietrzak, and A. Kucharska, “Graduate career tracking systems of higher education institutions—a systematic literature review,” *Sci. Pap. Silesian Univ. Technol. Organ. Manag. Nauk. Politech. Sl. Ser. Organ. i Zarz.*, no. 232, 2025.
- [14] M. Muslih, M. R. Maulana, and N. D. Arianti, “Development of a Web-Based Job and Career Compatibility System Using the Federal Enterprise Architecture Framework Method: A Case Study in Nusa Putra University.,” *Ingénierie des Systèmes d’Information*, vol. 29, no. 3, 2024.
- [15] G. Farell, C. N. Z. Latt, N. Jalinus, A. Yulastri, and R. Wahyudi, “Analysis of job recommendations in vocational education using the intelligent job matching model,” *JOIV Int. J. Informatics Vis.*, vol. 8, no. 1, pp. 361–367, 2024.
- [16] S. Seesukong, T. Angskun, N. Keandoungchun, A. Thippongtorn, and J. Angskun, “CARIA: A Personalized Career Recommender Based on Individual Competency Similarity Measure,” *Int. J. Inf. Commun. Technol. Educ.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–24, 2024.
- [17] A. O. Ayodele and A. Gbadebo, “Designing an effective job recommender system based on embedded machine learning models,” *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 13, no. 5, 2024.
- [18] P. Chairoon, N. Promrit, K. Sitthisanguan, S. Waijanya, and N. Kanraweekultana, “Digital Workforce Matching: A Machine Learning Approach for Skill-Based Job Classification and Recommendation,” *J. Curr. Sci. Technol.*, vol. 15, no. 4, p. 137, 2025.
- [19] G. Farell, R. Wahyudi, I. Novid, D. Faiza, and S. Anori, “Analysis of instruments for implementing intelligent job matching models,” *TEM J.*, vol. 13, no. 3, p. 2186, 2024.
- [20] N. D. V. Damaso, M. R. Datinguinoo, N. A. M. Fuensalida, J. B. Reyes, and L. L. Alejandro, “TechTrack: An Internship Matching Platform for Career Recommendation Using Machine Learning,” in *2026 11th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)*, IEEE, 2026, pp. 427–430.
- [21] F. Li, G. Ma, F. Chen, Q. Lyu, Z. Wang, and J. Zhang, “Enhanced enterprise-student matching with meta-path based graph neural network,” *J. King Saud Univ. Inf. Sci.*, vol. 36, no. 6, p. 102116, 2024.
- [22] D. Çelik Ertuğrul and S. Bitirim, “Job recommender systems: a systematic literature review, applications, open issues, and challenges,” *J. Big Data*, vol. 12, no. 1, p. 140, 2025.
- [23] Z. Sun, G. Wang, P. Li, H. Wang, M. Zhang, and X. Liang, “An improved random forest based on the classification accuracy and correlation measurement of decision trees,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 237, p. 121549, 2024.
- [24] R. C. Richey and J. D. Klein, “Design and development research,” *Mahwah, NJ*, 2007.
- [25] W. R. Borg and M. D. Gall, “Educational research: An introduction,” *Br. J. Educ. Stud.*, vol. 32, no. 3, 1984.
- [26] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software engineering: a practitioner’s approach*, vol. 5. McGraw-hill New York, 2005.
- [27] S. Chakraborty, Y. Gonzalez-Triana, J. Mendoza, and D. Galatro, “Insights on mapping industry 4.0 and education 4.0. *Frontiers in Education*, 8, 1150190,” 2023.
- [28] F. C. Fawaz, I. Fauzan, R. H. Alfian, and A. Saifudin, “Pengujian Fungsionalitas Sistem Inventaris Barang Berbasis



- Web Pada Smk Negeri 7 Kabupaten Tangerang Dengan Metode Black Box Testing,” *J. Res. Publ. Innov.*, vol. 2, no. 3, pp. 1830–1835, 2024.
- [29] V. Y. P. Irwansya, Ardhana *et al.*, *Rekayasa Perangkat Lunak: Teori dan Konsep*. Mega Press Nusantara, 2025.