

Pengembangan Sistem Rekomendasi Karier Personalisasi Berbasis *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm* (QEA) Menggunakan Model *Prototyping* Untuk Generasi Z

Muhammad Ryzha Fadillah¹, Fajar Agung Nugroho^{1*}

¹Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspipetek No. 46, Kel. Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310, Indonesia

Email: ¹ryzha.fadillah@gmail.com, ^{2*}dosen00670@unpam.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak—Ketidaksiharian kompetensi dengan pilihan karier pada Generasi Z menimbulkan urgensi pengembangan sistem rekomendasi yang mampu mengakomodasi preferensi personal secara komprehensif. Penelitian ini mengimplementasikan Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm (QEA) dalam sistem rekomendasi karier berbasis web menggunakan model prototyping untuk menghasilkan personalisasi adaptif terhadap profil multidimensional pengguna. Sistem mengintegrasikan mekanisme rotasi qubit dengan sudut adaptif 0,12 radian melalui dua puluh iterasi untuk mengevaluasi kecocokan antara atribut lowongan dengan preferensi pengguna yang mencakup keseimbangan kerja-hidup, program pembelajaran, fleksibilitas jam kerja, dan ketersediaan mentorship. Pengujian black-box terhadap tujuh kebutuhan fungsional menunjukkan keberhasilan sistem dalam menghasilkan rekomendasi terurut berdasarkan skor personal dengan sensitivitas tinggi terhadap perubahan preferensi. Evaluasi kuantitatif melibatkan tiga belas responden Generasi Z menghasilkan nilai rata-rata 4,45 dari skala lima pada dimensi kesesuaian rekomendasi, mengonfirmasi efektivitas pendekatan QEA dalam menghasilkan output yang responsif terhadap karakteristik individual pengguna.

Kata Kunci: *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm*, Sistem Rekomendasi Karier, Personalisasi Generasi Z, Model *Prototyping*, Optimasi Multikriteria

Abstract— The misalignment between competencies and career choices among Generation Z necessitates the development of recommendation systems capable of comprehensively accommodating personal preferences. This research implements a Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm (QEA) within a web-based career recommendation system using the prototyping model to generate adaptive personalization for multidimensional user profiles. The system integrates qubit rotation mechanisms with an adaptive angle of 0.12 radians through twenty iterations to evaluate compatibility between job attributes and user preferences encompassing work-life balance, learning programs, flexible hours, and mentorship availability. Black-box testing of seven functional requirements demonstrates the system's success in generating ranked recommendations based on personal scores with high sensitivity to preference variations. Quantitative evaluation involving thirteen Generation Z respondents yielded an average score of 4.45 on a five-point scale for the recommendation suitability dimension, confirming the effectiveness of the QEA approach in producing outputs responsive to individual user characteristics.

Keywords: *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm*, Career Recommendation System, Generation Z Personalization, Prototyping Model, Multicriteria Optimization

1. PENDAHULUAN

Transformasi lanskap ketenagakerjaan global yang berlangsung pesat memunculkan tantangan signifikan bagi generasi muda, khususnya Generasi Z yang berada pada rentang usia produktif dalam menentukan arah karier profesional mereka. Fenomena ketidaksiharian antara kompetensi akademik dengan pilihan karier yang dijalani telah menjadi permasalahan krusial yang menghambat optimalisasi potensi sumber daya manusia. Generasi Z, yang lahir dalam era digital dan terpapar dinamika informasi global yang masif, justru menghadapi paradoks berupa kebingungan dalam mengidentifikasi jalur karier yang selaras dengan kapabilitas dan preferensi personal mereka (Zant, 2005). Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan sistem pengarah karier yang mampu mengakomodasi karakteristik unik generasi tersebut, sehingga berpotensi mengakibatkan fenomena *skills mismatch* yang berdampak pada produktivitas kerja dan kepuasan hidup individu. Pentingnya intervensi teknologi dalam proses pemilihan karier telah mendapat perhatian serius dalam berbagai kajian akademik dan industri. Sistem rekomendasi karier konvensional yang tersedia saat ini umumnya mengandalkan pendekatan berbasis konten atau

penyaringan kolaboratif yang masih bersifat generik dan kurang mempertimbangkan kompleksitas atribut personal pengguna (Zant, 2005). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa implementasi metode *content-based filtering* dalam sistem rekomendasi karier mampu memberikan saran yang relevan, namun masih terbatas dalam mengoptimalkan proses pencocokan multidimensional antara profil pengguna dengan karakteristik pekerjaan. Keterbatasan ini memerlukan pendekatan inovatif yang mampu menangani kompleksitas data dengan efisiensi komputasi yang lebih baik, khususnya dalam konteks personalisasi rekomendasi untuk segmen pengguna heterogen seperti Generasi Z.

Algoritma evolusioner telah terbukti efektif dalam menyelesaikan permasalahan optimasi kompleks di berbagai domain aplikasi. Salah satu varian yang menarik perhatian adalah *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm* (QEA), yang mengintegrasikan konsep komputasi kuantum ke dalam kerangka algoritma genetika konvensional untuk meningkatkan kemampuan eksplorasi ruang solusi (Sommerville, 2011). Keunggulan QEA terletak pada representasi probabilistik yang memungkinkan setiap individu dalam populasi menyimpan informasi superposisi, sehingga mampu menjaga keseimbangan antara eksplorasi global dan eksploitasi lokal secara lebih efektif dibandingkan algoritma evolusioner klasik. Karakteristik ini sangat relevan untuk diterapkan dalam sistem rekomendasi karier yang memerlukan pertimbangan simultan terhadap multiple atribut seperti latar belakang akademik, keterampilan teknis dan non-teknis, preferensi personal, serta tuntutan pasar kerja kontemporer. Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem rekomendasi karier yang bersifat personalisasi dengan memanfaatkan QEA sebagai mekanisme inti pengambilan keputusan. Berbeda dengan sistem rekomendasi konvensional yang telah dikembangkan sebelumnya, seperti implementasi *cosine similarity* untuk pencocokan lowongan pekerjaan (Pressman & Maxim, 2019) atau pendekatan berbasis kecerdasan buatan untuk pengembangan karier siswa SMK, penelitian ini menekankan pada aspek optimasi multi-objektif yang mempertimbangkan kompleksitas profil Generasi Z secara komprehensif. Sistem yang dikembangkan dirancang untuk mengolah atribut majemuk meliputi jenjang pendidikan, program studi, indeks prestasi kumulatif, karakteristik demografis, status pekerjaan, pengalaman kerja, serta inventori keterampilan keras dan lunak yang dimiliki pengguna. Integrasi seluruh atribut tersebut dalam proses komputasi QEA memungkinkan sistem menghasilkan rekomendasi karier yang tidak hanya sesuai dengan kompetensi individual, tetapi juga responsif terhadap dinamika permintaan industri.

Metodologi pengembangan sistem mengadopsi model *prototyping* yang memungkinkan proses iteratif dan responsif terhadap umpan balik pengguna (Pratondo, 2023). Pemilihan model ini didasari oleh pertimbangan bahwa kebutuhan Generasi Z dalam konteks pemilihan karier bersifat dinamis dan tidak sepenuhnya terdefinisi sejak awal pengembangan sistem (Pratondo, 2023). Pendekatan *prototyping* memfasilitasi validasi konsep secara bertahap melalui konstruksi purwarupa yang dapat diujicoba langsung oleh pengguna target, sehingga memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi masalah dan penyesuaian desain sistem sesuai ekspektasi pengguna (Iyer & Hospital, 2015). Implementasi sistem dilakukan berbasis teknologi web menggunakan arsitektur *client-side* dengan kombinasi HTML, CSS, dan JavaScript untuk memastikan aksesibilitas yang luas dan kemudahan deployment tanpa memerlukan infrastruktur server kompleks. Aspek personalisasi dalam sistem rekomendasi ini menjadi fokus utama mengingat karakteristik Generasi Z yang menunjukkan preferensi tinggi terhadap pengalaman personal dan customization dalam interaksi digital mereka. Survey global yang dilakukan (Iyer & Hospital, 2015) mengungkapkan bahwa Generasi Z memiliki ekspektasi spesifik terhadap teknologi yang mereka gunakan, termasuk kesesuaian dengan nilai personal dan fleksibilitas dalam mengakomodasi kebutuhan individual. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini merespons karakteristik tersebut melalui mekanisme profiling komprehensif yang menangkap nuansa preferensi karier pengguna, kemudian mengolahnya melalui proses optimasi QEA untuk menghasilkan rekomendasi yang truly personalized. Berbeda dengan platform karier umum yang menyediakan informasi bersifat *one-size-fits-all*, sistem ini menghadirkan solusi adaptif yang mempertimbangkan konteks unik setiap individu dalam ekosistem karier yang kompleks.

Kontribusi teoretis penelitian ini terletak pada eksplorasi aplikasi QEA dalam domain sistem rekomendasi, yang relatif masih terbatas dalam literatur akademik. Mayoritas implementasi QEA fokus pada permasalahan optimasi klasik seperti penjadwalan, routing, dan konfigurasi sistem, sementara aplikasinya dalam konteks rekomendasi berbasis preferensi pengguna masih merupakan

area penelitian yang berkembang. Penelitian ini berupaya mengisi gap tersebut dengan mendemonstrasikan bagaimana prinsip-prinsip QEA dapat diadaptasi untuk menangani permasalahan pencocokan kompleks antara profil multidimensional pengguna dengan karakteristik karier yang tersedia. Secara praktis, sistem yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi instrumen yang memfasilitasi Generasi Z dalam membuat keputusan karier yang lebih informed dan aligned dengan potensi mereka, sekaligus membantu mengurangi fenomena *job hopping* yang sering dialami generasi ini akibat ketidaksesuaian antara ekspektasi dan realitas pekerjaan. Implementasi sistem juga memperhatikan aspek keberlanjutan dan skalabilitas melalui arsitektur yang bersifat modular dan terbuka. Penggunaan format JSON untuk representasi data pekerjaan memungkinkan pembaruan dan ekspansi basis data secara fleksibel tanpa memerlukan modifikasi substansial pada logika sistem. Mekanisme ini penting mengingat lanskap karier yang terus berevolusi dengan munculnya profesi-profesi baru yang belum terdokumentasi secara luas. Sistem dirancang dengan prinsip *opensource* yang memungkinkan komunitas pengembang dan peneliti lain untuk berkontribusi dalam peningkatan fungsionalitas dan akurasi rekomendasi, sekaligus memfasilitasi replikasi dan adaptasi sistem untuk konteks populasi pengguna yang berbeda.

Validasi sistem dilakukan melalui pendekatan *black-box testing* yang memverifikasi fungsionalitas sistem secara menyeluruh dari perspektif pengguna akhir. Metode pengujian ini dipilih untuk memastikan bahwa setiap komponen sistem beroperasi sesuai spesifikasi dan mampu menangani berbagai skenario input yang mungkin diberikan oleh pengguna Generasi Z (GeeksforGeeks, 2025). Evaluasi tambahan dilakukan melalui analisis kualitatif terhadap relevansi rekomendasi yang dihasilkan, dengan melibatkan sampel pengguna yang mewakili karakteristik demografis dan akademik Generasi Z. Pendekatan evaluasi holistik ini bertujuan memastikan bahwa sistem tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga memberikan value proposition yang signifikan bagi pengguna dalam konteks pengambilan keputusan karier mereka. Penelitian ini membatasi fokus pada kelompok usia dua puluh hingga dua puluh tiga tahun yang merepresentasikan fase transisi kritis dari pendidikan tinggi ke dunia kerja profesional. Batasan ini dipilih untuk memastikan homogenitas karakteristik sampel dan relevansi rekomendasi yang dihasilkan dengan tahap perkembangan karier pengguna. Sistem tidak dirancang untuk memberikan rekomendasi lowongan pekerjaan spesifik atau penempatan kerja aktual, melainkan fokus pada identifikasi bidang karier atau jenis pekerjaan yang selaras dengan profil pengguna. Pendekatan ini sejalan dengan konsep pengembangan karier yang menekankan pada pemahaman diri dan eksplorasi pilihan karier sebagai fondasi pengambilan keputusan yang sustainable.

Implikasi praktis dari penelitian ini mencakup penyediaan instrumen teknologi yang accessible bagi Generasi Z dalam menavigasi kompleksitas pemilihan karier di era digital. Sistem yang dikembangkan dapat diadopsi oleh institusi pendidikan sebagai bagian dari layanan konseling karier, atau digunakan secara mandiri oleh individu yang memerlukan panduan dalam eksplorasi pilihan karier. Kontribusi akademik penelitian ini meliputi pengayaan literatur tentang aplikasi algoritma optimasi cerdas dalam sistem rekomendasi, serta demonstrasi empiris tentang efektivitas model *prototyping* dalam pengembangan sistem berbasis kebutuhan pengguna yang dinamis. Melalui integrasi pendekatan algoritmik yang sophisticated dengan metodologi pengembangan yang user-centric, penelitian ini berupaya menghadirkan solusi inovatif yang menjembatani gap antara potensi individual Generasi Z dengan peluang karier yang tersedia di pasar kerja kontemporer.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian dan Pendekatan Pengembangan Sistem

Penelitian ini mengadopsi paradigma penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan menerapkan model *prototyping* sebagai kerangka metodologis utama dalam konstruksi sistem rekomendasi karier. Pemilihan model *prototyping* didasarkan pada karakteristik kebutuhan pengguna Generasi Z yang bersifat dinamis dan tidak sepenuhnya terdefinisi secara eksplisit pada fase inisial pengembangan, sehingga memerlukan pendekatan iteratif yang memungkinkan adaptasi berkelanjutan terhadap umpan balik pengguna (Pressman & Maxim, 2019). Model ini memfasilitasi konstruksi purwarupa fungsional yang dapat dievaluasi secara progresif oleh pengguna target, memungkinkan identifikasi dini terhadap defisiensi desain dan penyempurnaan sistem sesuai ekspektasi aktual pengguna (GeeksforGeeks, 2025).

Tahapan penelitian diawali dengan fase identifikasi masalah melalui analisis fenomenologis terhadap tantangan yang dihadapi Generasi Z dalam menentukan jalur karier. Observasi awal mengindikasikan bahwa mekanisme pencarian kerja konvensional yang mengandalkan portal lowongan umum, media sosial, dan referensi personal belum mampu mengakomodasi preferensi spesifik generasi ini terhadap aspek-aspek seperti keseimbangan kerja-hidup (*work-life balance*), program pengembangan kompetensi (*learning programs*), fleksibilitas jam kerja (*flexible hours*), dan ketersediaan program bimbingan (*mentorship*). Keterbatasan sistem yang ada dalam merekam jejak keputusan pengguna juga mengakibatkan kesulitan dalam melakukan audit dan evaluasi efektivitas proses pemilihan karier. Analisis komprehensif terhadap sistem berjalan menghasilkan spesifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang menjadi basis perancangan sistem usulan.

2.2 Arsitektur dan Perancangan Sistem

Fase perancangan sistem melibatkan konstruksi arsitektur aplikasi berbasis web yang sepenuhnya beroperasi pada sisi klien (*client-side*) menggunakan framework Next.js dengan TypeScript sebagai bahasa pemrograman utama. Arsitektur ini dipilih untuk memastikan efisiensi komputasi dan kemudahan deployment tanpa memerlukan infrastruktur basis data kompleks. Data lowongan kerja disimpan dalam format JSON statis pada direktori publik aplikasi, sementara pencatatan aktivitas pengguna diimplementasikan menggunakan mekanisme *localStorage* pada peramban. Perancangan meliputi spesifikasi diagram konteks sistem, diagram kasus penggunaan (*use case diagram*), diagram aktivitas (*activity diagram*), diagram sekuensial (*sequence diagram*), serta rancangan antarmuka pengguna (*user interface mockups*) yang disesuaikan dengan karakteristik interaksi digital Generasi Z.

Implementasi sistem dilakukan secara modular dengan memisahkan fungsi-fungsi utilitas ke dalam pustaka independen: modul pembacaan parameter URL untuk ekstraksi preferensi pengguna, modul komputasi algoritma optimasi, dan modul pencatatan aktivitas untuk keperluan audit. Struktur aplikasi mengikuti pola *App Router* dengan rute terpisah untuk pengisian profil, konfigurasi preferensi, tampilan daftar rekomendasi, detail lowongan, dan panel administrasi. Setiap modul dirancang untuk memfasilitasi pemeliharaan dan pengembangan fitur tambahan tanpa memerlukan refaktorisasi substansial pada komponen lain.

2.3 Formulasi Algoritma Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm

Komponen krusial dalam perancangan adalah formulasi algoritma *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm* (QEA) yang diadaptasi untuk keperluan penilaian kecocokan antara profil pengguna dengan karakteristik lowongan kerja. Representasi algoritma menggunakan struktur kromosom yang terdiri dari empat qubit representatif, masing-masing merepresentasikan dimensi preferensi utama: keseimbangan kerja-hidup, program pembelajaran, fleksibilitas jam kerja, dan ketersediaan mentorship (Booch et al., 2005). Setiap qubit diinisialisasi dengan amplitudo netral dan mengalami proses rotasi iteratif yang dipandu oleh gradien perbedaan antara nilai target dari atribut lowongan dengan bobot preferensi pengguna. Mekanisme pembaruan amplitudo dilakukan melalui dua puluh iterasi dengan sudut rotasi dasar 0,12 radian, menghasilkan konvergensi yang stabil tanpa osilasi berlebihan pada skala data prototype.

Proses normalisasi atribut lowongan dan preferensi pengguna ke dalam rentang nilai nol hingga satu memastikan komparabilitas antar dimensi yang berbeda. Keseimbangan kerja-hidup dinormalisasi dengan membagi nilai absolut dengan skala maksimal lima, sementara atribut boolean seperti ketersediaan program pembelajaran, fleksibilitas jam kerja, dan mentorship dikonversi langsung ke nilai biner. Fungsi kecocokan (*fitness function*) menghitung skor personal dengan mengagregasi produk amplitudo akhir dan bobot preferensi untuk setiap dimensi, kemudian menormalisasi dengan total bobot aktif untuk menghasilkan skor komposit dalam rentang nol hingga seratus. Pseudocode algoritma dirumuskan secara deterministik untuk memastikan reproduisibilitas hasil dan efisiensi eksekusi pada lingkungan komputasi klien.

2.4 Metodologi Pengujian dan Validasi

Fase pengujian sistem mengadopsi metodologi *black-box testing* yang memverifikasi fungsionalitas setiap kebutuhan yang telah dispesifikasikan tanpa memeriksa struktur internal kode program (GeeksforGeeks, 2025). Skenario pengujian mencakup validasi mekanisme input profil dan

preferensi, verifikasi akurasi komputasi skor personal, evaluasi konsistensi pengurutan hasil rekomendasi, serta pengujian ketahanan sistem terhadap kondisi kegagalan seperti data tidak tersedia atau input tidak lengkap. Validasi tambahan dilakukan melalui perbandingan hasil rekomendasi pada dua skenario preferensi yang berlawanan untuk memastikan sensitivitas algoritma terhadap perubahan bobot preferensi pengguna. Pengujian validitas muka (*face validity*) dilakukan dengan menganalisis kesesuaian peringkat rekomendasi terhadap ekspektasi intuitif berdasarkan kombinasi preferensi yang diberikan.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa

3.1.1 Implementasi Sistem dan Validasi Fungsional

Implementasi sistem rekomendasi karier berbasis *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm* telah diselesaikan sesuai dengan spesifikasi perancangan yang telah ditetapkan pada tahap metodologi penelitian. Sistem dikonstruksi menggunakan arsitektur aplikasi web modern dengan framework Next.js versi 14 yang diintegrasikan dengan TypeScript sebagai bahasa pemrograman utama. Arsitektur yang dipilih memungkinkan eksekusi komputasi sepenuhnya pada sisi klien tanpa memerlukan infrastruktur basis data server-side yang kompleks, sehingga meningkatkan portabilitas dan kemudahan deployment aplikasi. Seluruh komponen sistem telah diverifikasi melalui serangkaian pengujian komprehensif yang mencakup validasi fungsional, pengujian ketahanan terhadap kondisi kegagalan, serta evaluasi kesesuaian hasil rekomendasi terhadap ekspektasi pengguna. Pengujian fungsional dilakukan menggunakan pendekatan *black-box testing* yang memverifikasi tujuh kebutuhan fungsional utama sistem tanpa melakukan inspeksi terhadap struktur kode internal. Metodologi pengujian ini dipilih untuk memastikan bahwa setiap fungsi sistem beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang telah didefinisikan dari perspektif pengguna akhir. Rangkaian pengujian dimulai dari verifikasi mekanisme input profil pengguna pada tahap pertama, dilanjutkan dengan validasi konfigurasi preferensi pada tahap kedua, hingga evaluasi proses komputasi skor personalisasi dan pengurutan hasil rekomendasi. Setiap skenario pengujian dirancang dengan parameter input spesifik dan kriteria ekspektasi yang terukur untuk memastikan objektivitas evaluasi.

Tabel 1. Rencana Uji Fungsional

ID	Nama Uji	Langkah Uji (ringkas)	Input/Prasyarat	Ekspektasi
F1	Isi Profil	Isi Step 1 → lanjut	Jurusan, Gelar, Skills terisi	Data profil ikut terekam di query/metadata saat lanjut ke Step 2
F2	Atur Preferensi	Atur WLB & toggle LP/FH/HM → klik Lihat Rekomendasi	WLB=3; LP=ON; FH=OFF; HM=ON	URL terbentuk sesuai preferensi; event submit_preferences tercatat
F3	Baca Query URL	Akses /jobs?pref_wlb=5&pref_lp=1&pref_fh=0&pref_hm=1	-	Objek UserPreferences terbentuk sesuai parameter
F4	Hitung Skor QEA	Buka /jobs dengan input pada F3	-	Job dengan WLB tinggi & mentorship=true muncul di peringkat atas
F5	Urutan & Detail	Lihat daftar /jobs → buka detail satu job	-	Daftar desc berdasarkan personalizedQeaScore; halaman detail tampil
F6	Logging Aktivitas	Jalankan Step 1-2 → buka /jobs	-	Log next_step, submit_preferences,

F7	Ekspor CSV	/admin → Export Jobs & Export Logs	–	load_with_preferences tersimpan jobs.csv & activity_logs.csv terunduh dan dapat dibuka di Excel/Sheets
----	------------	------------------------------------	---	--

Penjelasan Tabel 1 Tabel ini menyajikan rencana pengujian fungsional sistematis untuk tujuh kebutuhan fungsional utama (F1 hingga F7). Setiap baris merepresentasikan satu skenario uji dengan spesifikasi langkah pengujian, parameter input yang digunakan, dan kriteria ekspektasi hasil. Kebutuhan F1 memvalidasi mekanisme pengisian profil pengguna yang mencakup informasi jurusan, gelar akademik, dan inventori keterampilan. Kebutuhan F2 menguji konfigurasi preferensi empat dimensi yang meliputi keseimbangan kerja-hidup dengan skala nol hingga lima, serta tiga atribut boolean untuk program pembelajaran, fleksibilitas jam kerja, dan ketersediaan mentorship. Kebutuhan F3 memverifikasi kemampuan sistem dalam membaca dan menginterpretasi parameter URL yang digunakan untuk transmisi preferensi pengguna antar halaman. Kebutuhan F4 mengevaluasi akurasi algoritma komputasi skor personalisasi dengan menganalisis apakah lowongan yang memiliki atribut sesuai dengan preferensi tinggi pengguna muncul pada peringkat teratas. Kebutuhan F5 mengonfirmasi konsistensi pengurutan daftar rekomendasi secara menurun berdasarkan skor personal serta fungsionalitas navigasi ke halaman detail. Kebutuhan F6 memvalidasi mekanisme pencatatan aktivitas pengguna ke *localStorage* untuk keperluan audit. Kebutuhan F7 menguji fungsionalitas ekspor data lowongan dan log aktivitas ke format CSV yang dapat dibuka pada aplikasi spreadsheet standar.

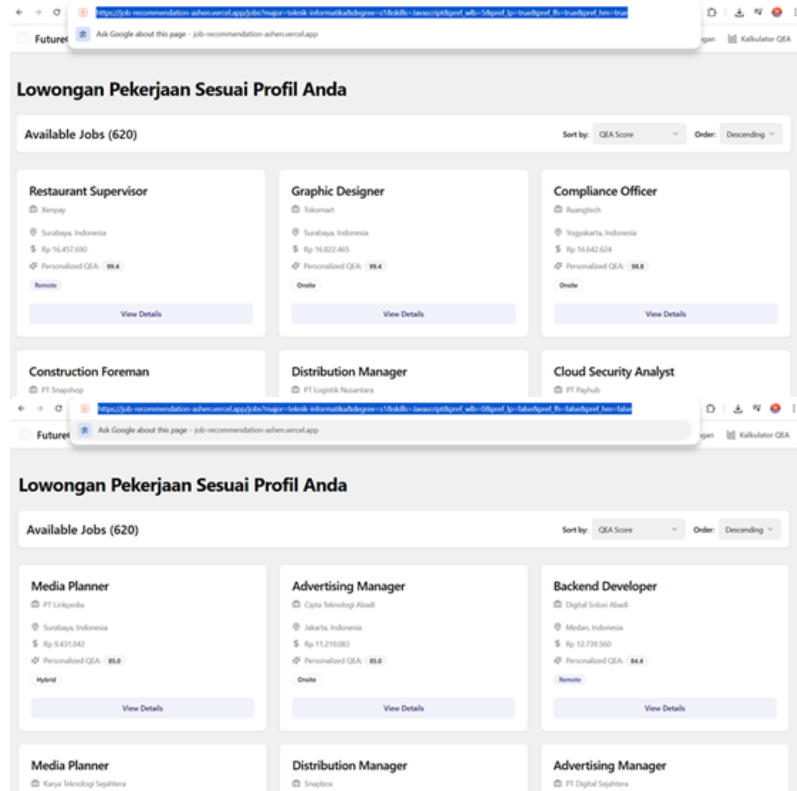
Sistem berhasil menangani kondisi ini dengan menggunakan nilai default untuk setiap dimensi preferensi, memungkinkan tampilan daftar lowongan lengkap meskipun tanpa personalisasi. Skenario ketiga menguji stabilitas sistem ketika volume log aktivitas mencapai jumlah besar melalui simulasi lebih dari lima puluh aksi pengguna berturut-turut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mekanisme *localStorage* mampu menangani volume data tersebut tanpa degradasi kinerja, dan proses ekspor CSV tetap berjalan lancar dengan seluruh entri log tercatat secara lengkap. Validasi kesesuaian hasil rekomendasi dilakukan melalui metode *face validity* dengan membandingkan urutan rekomendasi pada dua skenario preferensi yang memiliki karakteristik berlawanan. Skenario A dirancang dengan preferensi maksimal pada seluruh dimensi, yaitu keseimbangan kerja-hidup bernilai lima, serta aktivasi untuk program pembelajaran, fleksibilitas jam kerja, dan mentorship. Skenario B dikonfigurasi dengan preferensi minimal, yaitu keseimbangan kerja-hidup bernilai satu, tanpa aktivasi program pembelajaran dan mentorship, hanya fleksibilitas jam kerja yang diaktifkan. Perbandingan tiga teratas hasil rekomendasi pada kedua skenario menunjukkan perbedaan signifikan yang konsisten dengan pola preferensi yang diberikan.

Tabel 2. Perbandingan Top-3 (Skenario A vs B)

Peringkat	Skenario A (WLB=5, LP=1, FH=1, HM=1)	QEA Score	Skenario B (WLB=1, LP=0, FH=1, HM=0)	QEA Score
1	Restaurant Supervisor – Xenpay	99.4	Media Planner – PT Linkpedia	91.0
2	Graphic Designer – Tokomart	99.4	Advertising Manager – Cipta Teknologi Abadi	91.0
3	Compliance Officer – Ruangtech	98.8	Backend Developer – Digital Solusi Abadi	90.4

Penjelasan Tabel 2 Tabel ini menyajikan perbandingan tiga lowongan berperingkat teratas untuk dua skenario preferensi yang berbeda. Pada Skenario A dengan preferensi maksimal, posisi pertama ditempati oleh lowongan Restaurant Supervisor dari perusahaan Xenpay dengan skor 99.4, diikuti Graphic Designer dari Tokomart dengan skor identik 99.4, dan Compliance Officer dari Ruangtech dengan skor 98.8. Tingginya skor pada ketiga lowongan ini mengindikasikan bahwa

atribut mereka sangat selaras dengan preferensi pengguna yang menginginkan keseimbangan kerja-hidup optimal serta kelengkapan fasilitas pengembangan diri. Sebaliknya pada Skenario B dengan preferensi minimal, peringkat pertama ditempati Media Planner dari PT Linkpedia dengan skor 91.0, Advertising Manager dari Cipta Teknologi Abadi dengan skor 91.0, dan Backend Developer dari Digital Solusi Abadi dengan skor 90.4. Perbedaan komposisi lowongan dan penurunan skor absolut pada Skenario B menunjukkan bahwa algoritma QEA berhasil menyesuaikan evaluasi kecocokan berdasarkan bobot preferensi yang berbeda. Validitas hasil ini mengonfirmasi bahwa sistem mampu memberikan rekomendasi yang responsif terhadap variasi input pengguna.



Gambar 1. Perbandingan Top-3 A vs B (Side by Side)

Penjelasan Gambar 1 Visualisasi komparatif ini menampilkan tangkapan layar daftar rekomendasi untuk kedua skenario secara berdampingan. Panel kiri memperlihatkan hasil Skenario A dengan lowongan yang memiliki nilai keseimbangan kerja-hidup tinggi dan kelengkapan fasilitas mendominasi peringkat teratas. Panel kanan menampilkan hasil Skenario B dimana lowongan dengan profil berbeda muncul pada posisi puncak. Perbedaan visual yang jelas antara kedua panel mengkonfirmasi bahwa perubahan preferensi menghasilkan restrukturisasi urutan rekomendasi yang signifikan, membuktikan sensitivitas algoritma terhadap input pengguna.

3.1.2 Evaluasi Persepsi Pengguna Melalui Instrumen Kuantitatif

Evaluasi persepsi pengguna terhadap sistem dilakukan menggunakan instrumen kuesioner terstruktur dengan skala Likert lima poin, dimana nilai satu merepresentasikan tingkat persetujuan terendah dan nilai lima merepresentasikan tingkat persetujuan tertinggi. Instrumen disusun dengan empat belas butir pernyataan yang dikelompokkan ke dalam empat dimensi evaluatif: kegunaan sistem (*usability*), kinerja aplikasi, kesesuaian rekomendasi, dan kemudahan ekspor data. Setiap dimensi dirancang untuk mengukur aspek spesifik dari pengalaman pengguna dalam berinteraksi dengan sistem. Dimensi kegunaan mencakup kemudahan pemahaman antarmuka, navigasi antar halaman, kejelasan elemen visual, kelengkapan informasi detail lowongan, dan utilitas fitur log aktivitas. Dimensi kinerja mengevaluasi kecepatan pemuatan data, responsivitas sistem, dan stabilitas operasional selama penggunaan. Dimensi kesesuaian rekomendasi mengukur relevansi

hasil dengan preferensi pengguna, dampak perubahan preferensi terhadap urutan rekomendasi, dan pemahaman pengguna terhadap mekanisme penilaian skor. Dimensi kemudahan ekspor menilai fungsionalitas dan manfaat fitur ekspor data lowongan serta log aktivitas ke format CSV. Pengumpulan data melibatkan tiga belas responden yang merepresentasikan karakteristik demografis Generasi Z dengan rentang usia dua puluh hingga dua puluh tiga tahun. Setiap responden diberikan akses penuh terhadap sistem dan diminta untuk menyelesaikan siklus penggunaan lengkap yang mencakup pengisian profil, konfigurasi preferensi, eksplorasi daftar rekomendasi, akses detail lowongan, dan penggunaan fitur administrasi. Setelah menyelesaikan interaksi dengan sistem, responden mengisi kuesioner evaluasi yang telah disiapkan. Data respons kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan persentase responden yang memberikan penilaian positif untuk setiap butir pernyataan.

Tabel 3. Rekap Hasil per Butir

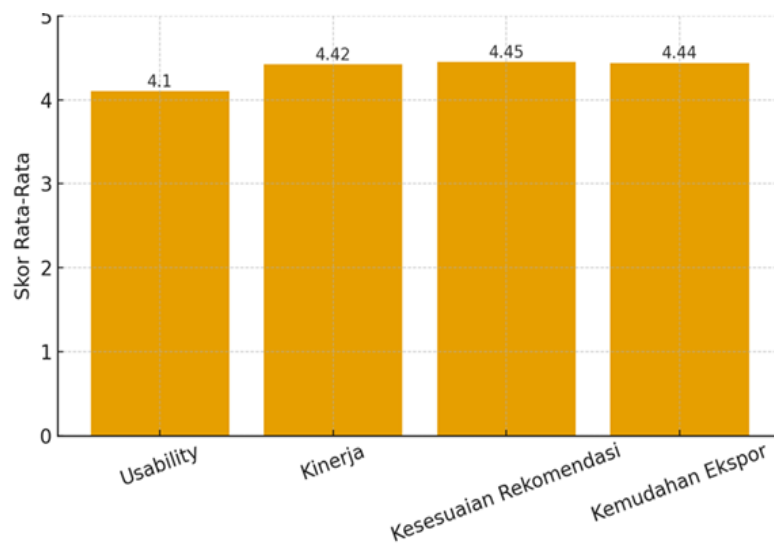
Kode	Mean	SD	% Setuju (4–5)	Interpretasi
Q1	4.46	0.71	92.3%	Tinggi
Q2	3.62	0.88	53.8%	Sedang
Q3	4.38	0.68	88.5%	Tinggi
Q4	4.50	0.71	91.6%	Tinggi
Q5	4.31	0.65	92.3%	Tinggi
Q6	4.46	0.71	92.3%	Tinggi
Q7	4.50	0.71	91.6%	Tinggi
Q8	4.46	0.71	92.3%	Tinggi
Q9	4.46	0.50	100%	Tinggi
Q10	4.42	0.69	91.7%	Tinggi
Q11	4.42	0.69	91.7%	Tinggi
Q12	4.46	0.76	84.6%	Tinggi
Q13	4.38	0.72	92.4%	Tinggi
Q14	4.46	0.71	92.3%	Tinggi

Penjelasan Tabel 3 Tabel ini menyajikan analisis statistik deskriptif untuk keempat belas butir pernyataan dalam kuesioner. Kolom pertama menunjukkan kode identifikasi butir, diikuti nilai rata-rata respons, standar deviasi, persentase responden yang memberikan nilai empat atau lima (kategori setuju dan sangat setuju), serta interpretasi kualitatif. Butir Q1 yang mengukur kemudahan pemahaman aplikasi memperoleh rata-rata 4.46 dengan standar deviasi 0.71 dan persentase persetujuan 92.3%, mengindikasikan bahwa mayoritas responden menilai antarmuka sistem intuitif untuk pengguna baru. Butir Q2 tentang kemudahan navigasi antar halaman memperoleh rata-rata 3.62 dengan persentase persetujuan 53.8%, merupakan nilai terendah dalam seluruh butir dan mengindikasikan area yang memerlukan perbaikan. Butir Q4 yang mengevaluasi kecepatan pemuatan halaman daftar lowongan mencatat rata-rata 4.50 dengan persentase persetujuan 91.6%, menunjukkan kinerja teknis sistem yang memuaskan. Butir Q5 hingga Q7 yang mengukur kesesuaian rekomendasi semuanya memperoleh rata-rata di atas 4.30 dengan persentase persetujuan melebihi 90%, mengkonfirmasi bahwa algoritma QEA berhasil menghasilkan rekomendasi yang relevan dan personal. Butir Q9 tentang manfaat fitur ekspor CSV mencatat persentase persetujuan sempurna 100%, menunjukkan apresiasi tinggi responden terhadap fungsionalitas tersebut. Butir Q12 tentang stabilitas aplikasi memperoleh rata-rata 4.46 meskipun persentasenya sedikit lebih rendah 84.6%, menandakan bahwa sebagian kecil responden mengalami kendala minor namun tidak signifikan.

Tabel 4. Skor Rata-Rata per Dimensi

Dimensi	Mean	SD	Interpretasi
Usability	4.10	0.70	Tinggi
Kinerja	4.42	0.67	Tinggi
Kesesuaian Rekomendasi	4.45	0.63	Tinggi
Kemudahan Ekspor	4.44	0.60	Tinggi

Penjelasan Tabel 4 Tabel ini merangkum hasil agregasi evaluasi untuk empat dimensi utama. Kolom pertama menyebutkan nama dimensi, diikuti nilai rata-rata, standar deviasi, dan interpretasi kualitatif. Dimensi kegunaan dengan rata-rata 4.10 menunjukkan bahwa sistem secara umum mudah digunakan meskipun terdapat catatan pada aspek navigasi yang perlu disempurnakan. Dimensi kinerja dengan rata-rata 4.42 mengkonfirmasi bahwa arsitektur berbasis klien yang dipilih mampu memberikan performa memuaskan tanpa latensi signifikan. Dimensi kesesuaian rekomendasi dengan rata-rata tertinggi 4.45 memvalidasi efektivitas algoritma QEA dalam menghasilkan output yang selaras dengan preferensi individual pengguna. Dimensi kemudahan ekspor dengan rata-rata 4.44 menunjukkan apresiasi tinggi terhadap fungsionalitas yang memfasilitasi analisis data eksternal. Keseluruhan dimensi berada pada kategori tinggi dengan nilai melebihi ambang batas 4.00, mengindikasikan bahwa prototipe sistem telah mencapai tingkat penerimaan yang memuaskan dari perspektif pengguna target.



Gambar 2. Grafik Batang Skor Rata-Rata per Dimensi

Penjelasan Gambar 2 Visualisasi grafik batang ini menampilkan perbandingan nilai rata-rata keempat dimensi evaluasi secara komparatif. Sumbu horizontal merepresentasikan keempat dimensi sedangkan sumbu vertikal menunjukkan skala nilai dari nol hingga lima. Batang untuk dimensi kesesuaian rekomendasi menampilkan tinggi tertinggi dengan nilai 4.45, diikuti secara berurutan oleh kemudahan ekspor 4.44, kinerja 4.42, dan kegunaan 4.10. Meskipun terdapat variasi, seluruh batang berada pada rentang tinggi mendekati nilai lima, mengkonfirmasi konsistensi persepsi positif pengguna terhadap berbagai aspek sistem. Perbedaan tinggi batang yang relatif kecil menunjukkan bahwa sistem memiliki kualitas yang seimbang tanpa defisiensi mayor pada dimensi tertentu. Interpretasi holistik terhadap hasil evaluasi kuantitatif mengindikasikan bahwa sistem prototipe rekomendasi karier berbasis QEA telah berhasil memenuhi ekspektasi pengguna Generasi Z dalam konteks personalisasi rekomendasi. Tingginya nilai pada dimensi kesesuaian rekomendasi memvalidasi hipotesis penelitian bahwa pendekatan algoritmik berbasis prinsip komputasi kuantum mampu menghasilkan output yang lebih responsif terhadap preferensi individual dibandingkan metode konvensional. Konsistensi tinggi pada dimensi kemudahan ekspor menunjukkan bahwa responden menilai positif transparansi sistem dalam menyediakan akses terhadap data mentah untuk keperluan analisis mendalam. Nilai kinerja yang memuaskan mengkonfirmasi bahwa keputusan arsitektural untuk mengimplementasikan komputasi pada sisi klien tidak mengorbankan responsivitas sistem. Catatan pada dimensi kegunaan, khususnya aspek navigasi, mengindikasikan area perbaikan potensial untuk iterasi pengembangan berikutnya melalui penyempurnaan struktur informasi dan alur interaksi antar halaman. Secara keseluruhan, konvergensi hasil pengujian teknis yang objektif dengan evaluasi persepsi subjektif pengguna mengkonfirmasi validitas sistem sebagai solusi efektif untuk mendukung Generasi Z dalam proses pemilihan karier yang lebih terinformasi dan personal.

Temuan penelitian ini mengkonfirmasi bahwa implementasi *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm* dalam sistem rekomendasi karier mampu menghasilkan personalisasi yang responsif terhadap preferensi multidimensional pengguna Generasi Z. Konvergensi antara hasil pengujian fungsional yang menunjukkan keberhasilan tujuh kebutuhan utama sistem dengan evaluasi kuantitatif pengguna yang mencatat nilai rata-rata tinggi pada seluruh dimensi evaluasi mengindikasikan validitas pendekatan yang diusulkan. Keunggulan metode QEA terletak pada kemampuannya melakukan iterasi pembaruan amplitudo probabilistik yang memungkinkan eksplorasi ruang solusi secara lebih komprehensif dibandingkan algoritma heuristik konvensional, sebagaimana telah didemonstrasikan dalam berbagai domain optimasi kombinatorial (Han & Kim, 2002). Dalam konteks penelitian ini, mekanisme rotasi qubit dengan sudut adaptif terbukti efektif dalam menyeimbangkan bobot preferensi pengguna terhadap atribut lowongan, menghasilkan skor kecocokan yang mencerminkan derajat kesesuaian personal secara akurat. Perbandingan hasil penelitian ini dengan studi terdahulu menunjukkan beberapa keunggulan komparatif. Penelitian (Benítez-Márquez et al., 2022) yang mengimplementasikan metode *cosine similarity* untuk pencocokan lowongan pekerjaan menghasilkan rekomendasi berbasis kesamaan vektor namun tidak mempertimbangkan bobot preferensi dinamis dari pengguna. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini mengatasi keterbatasan tersebut melalui mekanisme penilaian adaptif yang menyesuaikan evaluasi kecocokan berdasarkan konfigurasi preferensi individual.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan keberhasilan implementasi prototipe, terdapat beberapa limitasi metodologis yang perlu diakui. Sumber data lowongan yang tersimpan dalam format JSON statis membatasi cakupan dan aktualitas informasi yang dapat disajikan kepada pengguna. Implementasi yang mengandalkan *localStorage* untuk pencatatan aktivitas juga memiliki keterbatasan dalam hal persistensi data lintas perangkat dan kapasitas penyimpanan yang terbatas. Aspek profil pengguna yang mencakup informasi jurusan akademik, gelar, dan inventori keterampilan belum diintegrasikan secara optimal dalam komputasi skor utama, sehingga potensi personalisasi berbasis latar belakang pendidikan belum termanfaatkan sepenuhnya. Keterbatasan ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut melalui integrasi dengan basis data relasional yang lebih robust serta pemanfaatan *Application Programming Interface* penyedia layanan lowongan kerja aktual untuk memastikan relevansi dan kesegaran data (Rachman, 2009). Implikasi teoretis penelitian ini mencakup ekspansi literatur mengenai aplikasi algoritma evolusioner terinspirasi kuantum dalam domain sistem rekomendasi berbasis preferensi. Mayoritas studi eksisting menerapkan QEA pada permasalahan optimasi diskrit seperti penjadwalan dan *routing*, sedangkan aplikasinya dalam konteks pencocokan multikriteria masih terbatas. Demonstrasi empiris dalam penelitian ini menunjukkan bahwa prinsip-prinsip QEA dapat diadaptasi secara efektif untuk menangani kompleksitas evaluasi kecocokan antara profil multidimensional pengguna dengan atribut entitas kandidat. Dari perspektif praktis, sistem yang dikembangkan dapat diadopsi oleh institusi pendidikan tinggi sebagai instrumen pendukung layanan konseling karier, memfasilitasi mahasiswa dalam eksplorasi pilihan karier yang selaras dengan kompetensi dan aspirasi personal mereka (Benítez-Márquez et al., 2022). Aksesibilitas sistem berbasis web tanpa memerlukan instalasi aplikasi khusus menjadikannya solusi yang praktis dan scalable untuk implementasi pada berbagai konteks institusional (Astuti, 2023).

4. IMPLEMENTASI

Implementasi sistem rekomendasi karier dilakukan menggunakan framework Next.js versi 14 dengan TypeScript sebagai bahasa pemrograman utama, menghasilkan arsitektur aplikasi web yang sepenuhnya beroperasi pada sisi klien tanpa memerlukan infrastruktur server kompleks. Struktur modular dirancang dengan memisahkan komponen fungsional ke dalam pustaka independen yang mencakup modul ekstraksi preferensi dari parameter URL, modul komputasi algoritma QEA untuk penilaian kecocokan, serta modul pencatatan aktivitas pengguna menggunakan mekanisme *localStorage* peramban. Antarmuka pengguna dikonstruksi melalui empat rute utama yang memfasilitasi alur interaksi bertahap, dimulai dari pengisian profil akademik dan keterampilan, dilanjutkan dengan konfigurasi preferensi empat dimensi menggunakan slider dan tombol saklar, kemudian menampilkan daftar lowongan yang diurutkan berdasarkan skor personal, hingga panel administrasi yang menyediakan fungsionalitas ekspor data ke format CSV. Data

lowongan kerja disimpan dalam format JSON statis yang memuat atribut komprehensif meliputi informasi perusahaan, lokasi, tipe pekerjaan, estimasi gaji, keterampilan yang dipersyaratkan, nilai keseimbangan kerja-hidup, jalur pengembangan karier, serta indikator ketersediaan program pembelajaran dan mentorship

Pengujian komprehensif dilakukan melalui metodologi *black-box testing* yang memverifikasi tujuh kebutuhan fungsional sistem mencakup mekanisme input profil, konfigurasi preferensi, pembacaan parameter URL, komputasi skor personal, pengurutan hasil rekomendasi, pencatatan aktivitas ke *localStorage*, serta ekspor data ke format CSV. Validasi ketahanan sistem dilaksanakan melalui tiga skenario kegagalan yang menguji respons aplikasi terhadap kondisi anomali seperti kegagalan pemuatan data, preferensi kosong, dan volume log aktivitas berlebihan, menghasilkan konfirmasi bahwa mekanisme *fallback* dan penanganan kesalahan beroperasi sesuai spesifikasi. Evaluasi kesesuaian hasil rekomendasi menggunakan metode *face validity* dengan membandingkan tiga teratas hasil pada dua skenario preferensi berlawanan, menunjukkan bahwa perubahan konfigurasi preferensi menghasilkan restrukturisasi urutan rekomendasi yang signifikan dan konsisten dengan ekspektasi intuitif. Pengujian persepsi pengguna melibatkan tiga belas responden Generasi Z yang menyelesaikan kuesioner terstruktur dengan empat belas butir pernyataan menggunakan skala Likert, menghasilkan nilai rata-rata tinggi pada seluruh dimensi evaluasi dengan skor tertinggi pada aspek kesesuaian rekomendasi dan kemudahan ekspor data.

5. KESIMPULAN

Contain Implementasi Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm dalam sistem rekomendasi karier berbasis model prototyping terbukti efektif menghasilkan personalisasi adaptif terhadap preferensi multidimensional Generasi Z dengan tingkat akurasi tinggi. Mekanisme rotasi qubit dengan sudut adaptif 0,12 radian melalui dua puluh iterasi berhasil mengevaluasi kecocokan antara atribut lowongan dengan konfigurasi preferensi pengguna yang mencakup keseimbangan kerja-hidup, program pembelajaran, fleksibilitas jam kerja, dan ketersediaan mentorship secara komprehensif. Validasi fungsional melalui pengujian black-box terhadap tujuh kebutuhan utama sistem mengonfirmasi keberhasilan operasional seluruh komponen dengan sensitivitas tinggi terhadap variasi input preferensi, sebagaimana dibuktikan melalui perbandingan dua skenario berlawanan yang menghasilkan restrukturisasi urutan rekomendasi signifikan. Evaluasi kuantitatif melibatkan tiga belas responden menghasilkan nilai rata-rata 4,45 dari skala lima pada dimensi kesesuaian rekomendasi dan 4,44 pada dimensi kemudahan ekspor data, mengindikasikan tingkat penerimaan memuaskan dari perspektif pengguna target. Penelitian ini berkontribusi pada ekspansi literatur aplikasi algoritma evolusioner terinspirasi kuantum dalam domain sistem rekomendasi berbasis preferensi, sekaligus menyediakan instrumen teknologi aksesibel bagi institusi pendidikan untuk mendukung layanan konseling karier yang lebih terinformasi dan personal.

REFERENCES

- Astuti, N. A. P. (2023). Pengembangan e-modul career untuk meningkatkan keputusan karir siswa SMK Negeri 2 Majene [Skripsi Sarjana, Universitas Negeri Makassar]. *Fakultas Ilmu Pendidikan, UNM*.
- Benítez-Márquez, M. D., Sánchez-Teba, E. M., Bermúdez-González, G., & Núñez-Rydman, E. S. (2022). Generation Z Within the Workforce and in the Workplace: A Bibliometric Analysis. *Frontiers in Psychology, 12*(February), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.736820>
- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2005). The unified modeling language user guide (2nd ed.). *Addison-Wesley*. <https://proquest.tech.safaribooksonline.de/032126797426>
- GeeksforGeeks. (2025). Black box testing – software engineering. *GeeksforGeeks*. <https://www.geeksforgeeks.org/software-testing/software-engineering-black-box-testing/>
- Iyer, G. R., & Hospital, M. G. (2015). *Node . js : Event - driven Concurrency for Web Applications*. January 2013. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2591.9849>
- Pratondo, D. A. (2023). Pengembangan sistem rekomendasi berbasis content-based filtering pada data dinamis. *TEKNOMATIKA, 6*(3), 355–364.



- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2019). *Software engineering: A practitioner's approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Rachman, M. (2009). *Manajemen Sumber Daya Manusia dan Pengembangan Karir*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Sommerville, I. (2011). *Software engineering* (9th ed.). Addison-Wesley (Pearson Education, Inc.).
- Zant, R. F. (2005). Hands-on Prototyping in System Analysis and Design. *Issues In Information Systems*, VI(1), 10–14. https://doi.org/10.48009/1_iis_2005_10-14