

© Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi
Karya ini berada di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional
Terjemahan dari 10.22146/jnteti.v13i3.9872

Pengembangan Web Cerdas untuk Social e-Learning di Pedesaan

Seno Adi Putra¹, Timmie Siswandi¹, Dessy Yussela¹, Rinez Asprinola¹, Erin Karina¹, Mega Candra Dewi¹, Santi Al-arif¹

¹ Laboratorium Sistem Cerdas Perusahaan, Sekolah Teknik Industri dan Sistem, Universitas Telkom, Bandung, Jawa Barat 40257, Indonesia

[Diserahkan: 26 September 2023, Direvisi: 8 Desember 2023, Diterima: 5 Juli 2024]
Penulis Korespondensi: Seno Adi Putra (email: adiputra@telkomuniversity.ac.id)

INTISARI — Teknologi media sosial telah memengaruhi perubahan paradigma pembelajaran menuju pembelajaran berbasis media sosial, yang dikenal dengan istilah *social e-learning*. *Social e-learning* menempatkan individu sebagai pusat pembelajaran, yang sering disebut sebagai pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Dalam konteks ini, peserta didik didorong untuk berinteraksi dan berkomunikasi dengan orang lain serta menghasilkan konten pembelajaran secara mandiri. Penelitian ini berupaya menyajikan model solusi untuk *social e-learning* di pedesaan, yang didukung oleh teknologi web cerdas. *Social e-learning* yang diusulkan mencakup beberapa modul pengembangan, seperti modul ruang pribadi, ruang kolaborasi, dan ruang komunikasi. *E-learning* ini juga memanfaatkan teknologi web cerdas yang telah diimplementasikan dalam aplikasi media sosial, seperti pencarian artikel, rekomendasi artikel, rekomendasi pertemanan, dan klasifikasi dokumen. Pada modul pencarian, metode PageRank digunakan untuk menghitung skor relevansi dalam menentukan peringkat dokumen atau artikel. Metode perhitungan elemen berbasis kemiripan digunakan untuk memberikan saran dan rekomendasi artikel. Algoritma naïve Bayes, pohon keputusan, dan jaringan saraf dibandingkan guna menemukan solusi terbaik untuk klasifikasi artikel di bidang pertanian, perikanan, peternakan, dan perkebunan. Hasil perbandingan ketiga algoritma ini menunjukkan bahwa jaringan saraf merupakan metode klasifikasi yang paling akurat, dengan tingkat akurasi mencapai 95,2%. Algoritma pengklasteran, yaitu pengklasteran berbasis tautan yang kuat (*robust clustering using links*, ROCK), digunakan untuk rekomendasi pertemanan di pedesaan. Dengan demikian, algoritma-algoritma ini (PageRank, elemen berbasis kemiripan, jaringan saraf, dan ROCK) dianggap sesuai dan direkomendasikan untuk mendukung paradigma web cerdas dalam aplikasi *social e-learning*.

KATA KUNCI — *Social E-Learning*, Web Cerdas, PageRank, Skor Kemiripan, Algoritma ROCK, *Naïve Bayes*, Pohon Keputusan, Jaringan Saraf.

I. PENDAHULUAN

Internet memiliki dampak yang signifikan terhadap pembelajaran dalam komunitas sosial. Evolusi *e-learning* memungkinkan individu untuk mengakses informasi di internet kapan saja dan di mana saja. Saat ini, platform *e-learning*, seperti ELM-ART dan AHA, telah digunakan secara luas oleh masyarakat di seluruh dunia untuk mendukung pembelajaran [1]. Dalam konteks ini, pendekatan pembelajaran telah mengalami perubahan dari yang berpusat pada guru menjadi berpusat pada peserta didik, dengan memanfaatkan berbagai metode, seperti *e-learning*, pembelajaran bergerak, atau pembelajaran campuran. Pendekatan ini memungkinkan peserta didik untuk mengakses sumber belajar yang beragam serta berinteraksi dengan teman sebaya, sehingga metode pembelajaran menjadi lebih fleksibel. Pada saat yang sama, pendekatan ini juga meningkatkan motivasi peserta didik dengan mendorong peserta didik untuk lebih bertanggung jawab atas pembelajaran, serta menantang peserta didik untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman selama proses pembelajaran [2].

Saat ini, *e-learning* dianggap sebagai teknologi unggul dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Istilah *e-learning* telah menjadi sangat populer dan diterima sebagai alat dalam proses belajar-mengajar [3]. Sebagai teknologi penting yang telah tersebar luas, *e-learning* menyediakan pembagian sumber daya yang mudah dan hemat biaya. Penggunaannya kini telah diimplementasikan di banyak institusi pendidikan dan universitas di seluruh dunia serta menawarkan berbagai manfaat, termasuk aksesibilitas materi, kolaborasi tim, dan diskusi yang efektif [4].

Banyaknya pengguna media sosial menciptakan peluang potensial untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran daring informal, terutama bagi masyarakat pedesaan, sehingga setiap pengguna dapat berkomunikasi dengan orang lain dan menghasilkan konten pembelajaran yang berkaitan dengan keahlian serta pengalaman pengguna. Komunikasi dan kolaborasi antarpengguna dalam menghasilkan konten pembelajaran berdasarkan pengetahuan atau pengalaman tertentu merupakan konsep masa depan *e-learning*, yang disebut *social e-learning*, yang memungkinkan pembelajar untuk mengembangkan interaksi sosial dalam proses pembelajaran [5].

Kerangka kerja *e-learning* mengacu pada proses berbagi pengetahuan di antara individu tanpa memandang batas-batas geografis dan keterbatasan teknologi internet [6]. Saat ini, beberapa platform *e-learning* populer digunakan. Pluralsight merupakan salah satu platform digital terkemuka untuk mempelajari keterampilan teknis. Platform ini menyediakan kursus lengkap yang dikembangkan oleh para ahli di berbagai bidang. Pluralsight juga mencakup berbagai mata pelajaran, termasuk teknologi informasi dan ilmu komputer. Peserta didik dapat mengejar karir di bidang keamanan informasi, telekomunikasi, pengkodean, rekayasa perangkat lunak, desain web, dan lain-lain melalui platform ini. Setelah menyelesaikan kursus, peserta akan menerima sertifikat. Pluralsight juga telah meningkatkan kualitas konten video dan audionya [7]. Platform *e-learning* lainnya adalah CodeAcademy, salah satu situs pembelajaran daring terbesar untuk para pemrogram. Di CodeAcademy, peserta didik dapat mempelajari berbagai

bahasa pemrograman dan berkomunikasi dengan anggota serta instruktur.

Thinkific adalah platform pembelajaran digital yang memungkinkan pengguna untuk membuat dan menjual kursus secara cepat. Platform ini bertujuan memfasilitasi pengguna yang lebih memilih mengajar daripada belajar. Thinkific menawarkan layanan untuk menyederhanakan tampilan kursus dan menambahkan konten seperti video, kuis, tutorial digital, penilaian, dokumen, audio, serta ulasan lengkap [7]. Udeemy memiliki beberapa kursus khusus yang membedakannya dari platform lain. Udeemy menyediakan layanan yang mudah diakses oleh pelajar. Pengguna dapat menemukan keterampilan kursus yang diminati dalam format video. Namun, sebagian besar program tingkat lanjut bersifat berbayar. Seperti platform lainnya, pengguna menerima sertifikat dari Udeemy setelah menyelesaikan kursus, meskipun sertifikat tersebut tidak diakui oleh perusahaan.

Coursera adalah platform pembelajaran daring yang menawarkan berbagai kursus secara gratis. Di sini, universitas dan perusahaan terkemuka menyediakan kursus yang dapat diikuti oleh siapa saja. Platform ini sangat ideal bagi akademisi, praktisi, dan pebisnis. Pengguna yang terdaftar dapat mengakses berbagai kursus serta mengikuti kuis dan mendapatkan bantuan dalam mengerjakan tugas dari rekan sesama peserta. Coursera terorganisasi dengan baik dan bekerja sama dengan institusi akademik serta perusahaan terkemuka di dunia [7].

Skillshare adalah platform *e-learning* yang ideal bagi para desainer dan seniman visual. Di platform ini, kursus baru dan kelompok besar diperkenalkan secara berkala. Namun demikian, untuk mengakses semua kursus yang tersedia, pengguna harus membayar biaya bulanan. Kelas-kelas di Skillshare diklasifikasikan ke dalam empat kategori utama, yaitu bisnis, teknologi, kreatif, dan gaya hidup. Platform ini tidak menyediakan kualifikasi atau sertifikasi, karena fokusnya adalah pada penyediaan informasi praktis yang dapat diterapkan dalam karier di kemudian hari. Sebagai sebuah komunitas, sebagian besar kursus di Skillshare dikembangkan oleh para anggotanya. Pengguna dapat berkomunikasi dengan anggota lain dan mendapatkan dukungan serta saran dari anggota yang lain [7].

Sistem Tiger eLearning dapat mengoptimalkan pendidikan jarak jauh dengan menyediakan materi kuliah daring, seperti presentasi, dokumentasi, dan video [6]. Sistem ini efisien dan fleksibel serta menyediakan akses ke perpustakaan eksternal dan internal. Pada tahun 2009, sistem *e-learning* ini dikembangkan menjadi sebuah aplikasi yang disebut CalStateLA. Aplikasi ini menawarkan layanan penyimpanan data atau catatan, unggahan video, gambar, audio, layanan berkas, papan buletin, kalender, *email*, manajemen akun, pencarian Wikipedia, dan manajemen kursus. Saat ini, pembelajaran mesin digunakan dalam sistem *e-learning*. Rangkuman kecerdasan buatan yang dapat diimplementasikan dalam *e-learning* dijelaskan dalam Tabel I [8].

Saat ini, aplikasi *e-learning* masih menerapkan paradigma konvensional yang belum mencerminkan karakteristik pembelajaran yang alami, seperti sosial, personal, terbuka, dan dinamis. Selain itu, aplikasi *e-learning* saat ini belum sepenuhnya mengakomodasi tren yang mengarah pada prinsip-prinsip jejaring sosial dan solusi mobilitas. Kolaborasi dalam jejaring sosial mengubah komunitas daring dan mobilitas menjadi saluran penyampaian yang lebih menarik. Tren ini memengaruhi pemberdayaan jejaring sosial bergerak dengan

TABEL I
DAFTAR KECERDASAN BUATAN YANG DIIMPLEMENTASIKAN DALAM *E-LEARNING*

Nama Metode	Diimplementasikan dalam
Model <i>hidden Markov</i>	Opini pengguna
Algoritma <i>ADTree</i> , algoritma aturan asosiasi <i>Apriori</i> , dan algoritma <i>k-means</i> sederhana	Rekomendasi kursus
Algoritma genetik	Optimalisasi respons sistem terhadap peserta didik
Algoritma <i>support vector machine</i> (SVM)	Informasi kinerja peserta didik
Algoritma <i>k-nearest neighbors</i> (K-NN)	Untuk menentukan emosi siswa
<i>Ensemble classifier bagging algorithm embedded with machine learning</i>	Penilaian sesi daring
<i>Error-correcting output codes (ECOC) combined classifier</i>	Poin peringkat peserta didik
Algoritma estimasi Bayesian	Gaya belajar dan objek pembelajaran
Algoritma teknik kluster <i>Fuzzy</i>	Urutan aktivitas pelajar
Pengklastran <i>k-means</i>	Urutan dan pola peserta didik Keterlibatan peserta didik
Algoritma <i>perceptron artificial neural network</i> (ANN)	Hasil kelulusan peserta didik
Algoritma model Felder Silverman	Kursus fitur AUI
Algoritma Levenberg–Marquardt	Klasifikasi informasi kursus
<i>Conv-GRU-AvgP</i> dalam <i>P-xNN</i>	Pemrosesan data pembelajaran
<i>Deep learning TensorFlow engine</i>	Penilaian peserta didik
Algoritma <i>random forest</i>	Hasil tes peserta didik

menanamkan kemampuan jejaring sosial dan kolaborasi yang sesuai permintaan. Sebagai poin terakhir, aplikasi *e-learning* yang ada saat ini belum didukung oleh web cerdas dan paradigma kecerdasan kolektif dalam mengembangkan cara-cara baru untuk memperoleh wawasan, opini, dan persepsi, serta membuka diskusi komunitas yang menarik. Oleh karena itu, jejaring sosial dan solusi kolaboratif dapat diterapkan dalam *e-learning*. Pengadopsian jejaring sosial dan solusi kolaboratif ini dapat membantu meningkatkan interaksi di antara anggota komunitas, mendorong kolaborasi, memperluas jaringan, dan mengembangkan budaya berbagi informasi.

Kontribusi pertama dari penelitian ini adalah penyediaan model solusi untuk *social e-learning* bagi masyarakat pedesaan yang memanfaatkan paradigma media sosial. Model ini menyediakan fasilitas informal bagi masyarakat untuk berkolaborasi dalam pembelajaran serta berbagi pengetahuan dan pengalaman. Telah dikembangkan modul ruang pribadi yang terinspirasi dari platform seperti Facebook, Edmodo, Twitter, LinkedIn, dan Instagram. Modul ini berfungsi sebagai fasilitas untuk membangun pengetahuan dan interaksi personal pengguna. Selain itu, telah dikembangkan pula modul ruang kolaborasi dan komunikasi yang memfasilitasi komunikasi serta kolaborasi pengguna dalam menghasilkan konten pembelajaran yang sesuai dengan komunitas masing-masing.

Kontribusi kedua dari penelitian ini adalah pemberdayaan platform *social e-learning* dengan teknologi web cerdas. Pengguna di komunitas pedesaan didorong untuk menghasilkan informasi dan konten pembelajaran melalui blog

atau wiki. Dalam konteks ini, pencarian artikel menjadi fitur penting yang harus disediakan dengan menerapkan metode PageRank beserta algoritma skor relevansi. Rekomendasi artikel merupakan fitur berikutnya dalam *social e-learning*, yang menghitung frekuensi membaca artikel dengan menggunakan metode elemen berbasis kemiripan.

Metode pengklasteran menggunakan algoritma ROCK dianggap efektif dalam mendukung rekomendasi pertemanan berdasarkan kemiripan minat dalam menulis dan membaca artikel. Sistem ini secara otomatis mengelompokkan pengguna yang memiliki minat serupa dalam menulis dan membaca artikel, sehingga dapat terhubung sebagai teman. Selain itu, klasifikasi artikel dengan menggunakan jaringan saraf tiruan secara otomatis mengelompokkan artikel ke dalam bidang-bidang keahlian pedesaan, seperti pertanian, perikanan, peternakan, dan perkebunan.

Makalah ini dibagi menjadi lima bagian. Bagian II menjelaskan konsep *social e-learning*. Bagian III memaparkan solusi yang diusulkan serta model yang digunakan dalam *social e-learning*. Bagian IV menguraikan evaluasi sistem, sedangkan Bagian V menyajikan kesimpulan.

II. SOCIAL E-LEARNING

Pengaruh sistem dan teknologi informasi dalam dunia pendidikan saat ini mampu mengatasi keterbatasan ruang dan waktu dalam proses belajar. Sistem *e-learning* telah memperoleh popularitas sebagai metode pembelajaran jarak jauh yang melibatkan penggunaan internet dan komputer. *E-learning* mengotomatiskan sebagian dari proses pembelajaran tatap muka. Melalui *e-learning*, guru dan siswa tidak perlu berada di tempat yang sama secara bersamaan. Namun, meskipun banyak dana telah diinvestasikan untuk mengembangkan sistem multimedia interaktif, sebuah elemen penting, yaitu kehadiran manusia, sering kali diabaikan. Selain itu, sebagian besar *e-learning* yang ada hanya memfasilitasi pengguna dalam mengakses materi tanpa menyediakan fasilitas untuk berinteraksi sosial dengan orang lain dan menciptakan konten pembelajaran secara mandiri [9]. Masalah ini dapat diatasi dengan pembelajaran campuran, meskipun interaksi tatap muka masih sering dilakukan secara tradisional [10]. Proses pembelajaran informal juga makin populer. Jenis pembelajaran ini mencakup mengamati orang lain, bertanya kepada teman di sebelah, menghubungi meja bantuan, mencoba berbagai cara, atau bekerja dengan individu yang memahami subjek tertentu. Pembelajaran akademis juga memanfaatkan berbagai saluran informal, seperti permainan, simulasi, eksperimen, cerita, dan penemuan.

Selama beberapa tahun terakhir, web telah mengalami pergeseran dari sekadar media untuk mengirimkan informasi menjadi sebuah platform tempat konten dibuat, dibagikan, digabungkan, dan disampaikan [10]. Generasi terbaru ini, yang dikenal sebagai Web 2.0, memiliki karakteristik web yang berpusat pada pengguna, terbuka, dinamis, dengan produksi bersama, berbagi, kolaborasi, kecerdasan kolektif, konten yang terdistribusi, dan kewenangan yang tersebar. Perangkat lunak sosial telah muncul sebagai komponen utama dalam pengembangan Web 2.0. Perangkat lunak ini dapat didefinisikan sebagai alat untuk meningkatkan kemampuan sosial dan kolaboratif manusia serta sebagai media untuk memfasilitasi hubungan sosial dan pertukaran informasi.

Pendekatan perangkat lunak sosial menawarkan lebih banyak keuntungan untuk pembelajaran daring dibandingkan dengan pendekatan tradisional [11]. Pendekatan ini



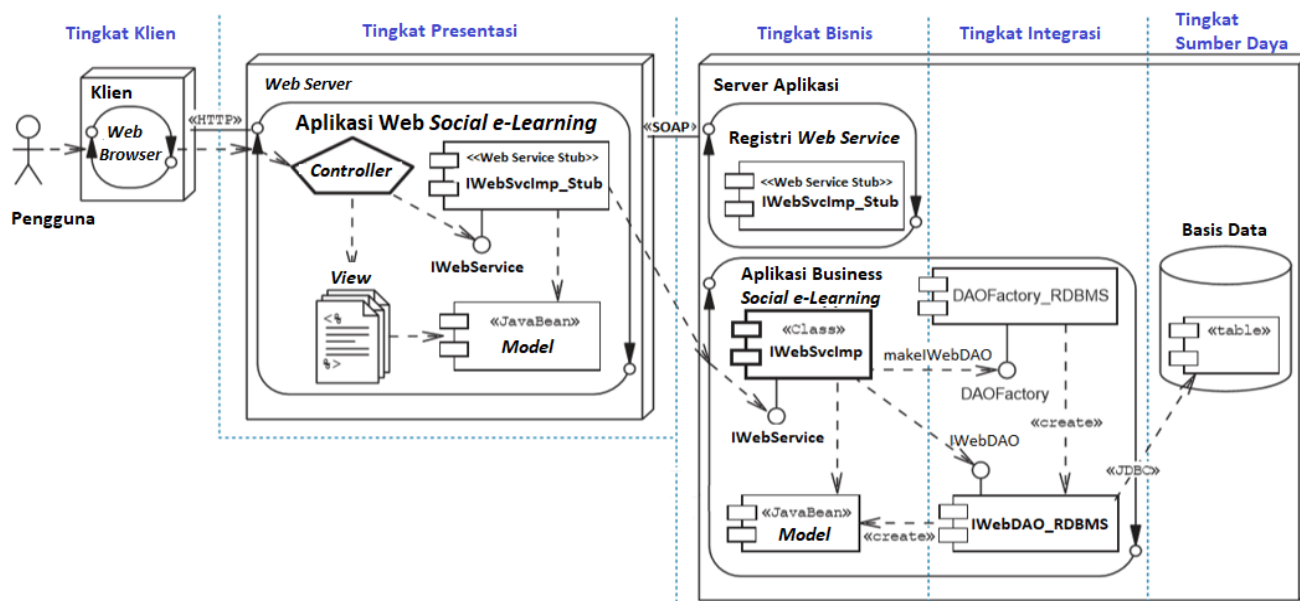
Gambar 1. Ekosistem *e-learning* 2.0.

mencerminkan sifat pembelajaran yang bersifat sosial, personal, terdistribusi, fleksibel, dinamis, dan kompleks. Selain itu, pendekatan ini juga merepresentasikan pergeseran model sistem manajemen pembelajaran ke arah yang lebih sosial, personal, terbuka, dan dinamis. Tren menarik saat ini adalah perkembangan pesat jejaring sosial dan solusi mobilitas. Kolaborasi melalui jejaring sosial menciptakan komunitas daring, sementara mobilitas menjadi saluran pengiriman yang lebih disukai. Hal ini tidak hanya meningkatkan laba atas investasi, tetapi juga memperluas cakupan global dan meningkatkan efisiensi operasional pekerja di perusahaan atau institusi [12]. Pendekatan ini memungkinkan integrasi jejaring sosial ke dalam aplikasi seluler, dengan menanamkan kemampuan jejaring sosial dan kolaborasi sesuai permintaan.

Layanan bergerak dan aplikasi kolaborasi sosial harus memberikan pengalaman sosial dan kolaboratif kepada pengguna, menciptakan kecerdasan kolektif, serta mengembangkan cara-cara baru untuk memperoleh wawasan, opini, persepsi, dan membuka diskusi yang menarik dengan semua komunitas. Oleh karena itu, aplikasi jejaring sosial tidak seharusnya berdiri sendiri, tetapi juga terintegrasi dengan aplikasi-aplikasi yang sudah ada di dalam organisasi [12]. Jejaring sosial dan solusi kolaboratif ini dapat diterapkan dalam metode pembelajaran bergerak. Pengadopsian jejaring sosial dan solusi kolaboratif dapat membantu pengguna berinteraksi dengan lebih baik, memperluas jaringan, dan berbagi informasi.

Penerapan *social software* dalam *e-learning* kemudian menciptakan *e-learning* generasi baru yang disebut *e-learning* 2.0, dengan fitur-fitur sebagai berikut: (a) lingkungan belajar sosial atau kolaboratif; (b) pengembangan konten oleh pengguna tanpa bergantung sepenuhnya pada pengajar; (c) proses belajar yang melibatkan aktivitas pengembangan konten dan komunikasi dengan orang lain; (d) agregasi melalui sindikasi yang sangat sederhana (*really simple syndication*, RSS) dan fitur penandaan (*tagging*); (e) berbagi pengetahuan (*knowledge sharing*); (f) personalisasi lingkungan belajar (*personal learning environments*); (g) kecerdasan kolektif (*wisdom of the crowd*); (h) pemanfaatan jejaring dengan berbagai teknologi; serta (i) pengembangan kreativitas dan inovasi.

Ekosistem *e-learning* 2.0 mendefinisikan tiga aspek utama yang harus disediakan oleh *social e-learning*, yaitu ruang belajar, manajemen pengetahuan, dan kecerdasan kolektif. Aspek ruang belajar mencakup lima fasilitas, yakni ruang pribadi, ruang kolaborasi dan komunikasi, perpustakaan media, mesin pencari, serta ruang analisis. Ekosistem *e-learning* 2.0 ditunjukkan pada Gambar 1. Ekosistem ini mencakup aspek-aspek berikut: (a) ruang belajar, yang terdiri atas ruang personal



Gambar 2. Model arsitektur yang diusulkan dalam sistem social e-learning.

(RSS feed, e-portofolio, dan blog pribadi), ruang kolaborasi dan komunikasi (blog kursus, wiki kursus, penandaan, pengiriman pesan, berbagi konten, podcasting, jejaring sosial, dan mashup), perpustakaan media, mesin pencari, serta ruang analisis; (b) manajemen pengetahuan; dan (c) kecerdasan kolektif.

Web cerdas merupakan fitur yang mendukung social e-learning. Fitur ini dirancang untuk secara otomatis dilatih agar dapat memahami masukan pengguna, perilaku pengguna, atau keduanya, serta memberikan respons yang sesuai. Terdapat tiga elemen dasar dalam web cerdas [13].

1. Konten yang dikumpulkan sebagian besar terkait dengan data dari aplikasi tertentu. Konten yang dikumpulkan lebih bersifat dinamis daripada statis dan mencakup asal serta lokasi penyimpanan. Lokasi penyimpanan tersebut dapat tersebar secara geografis, sehingga menghadirkan tantangan potensial dalam manajemen data. Setiap informasi dalam konten biasanya terkait dengan informasi lainnya.
2. Struktur referensi menyediakan satu atau lebih interpretasi struktural dan semantik dari konten. Pengetahuan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu kamus, basis pengetahuan, dan ontologi.
3. Algoritma yang memungkinkan aplikasi mengidentifikasi informasi tersembunyi digunakan untuk abstraksi (generalisasi), prediksi, dan peningkatan interaksi dengan pengguna. Algoritma ini diterapkan pada konten yang dikumpulkan dan terkadang memerlukan struktur referensi.

Web cerdas dalam aplikasi social e-learning diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu kecerdasan eksplisit, kecerdasan implisit, dan kecerdasan turunan [14]. Kecerdasan eksplisit adalah kecerdasan yang diperoleh dari informasi eksplisit pengguna, seperti ulasan, rekomendasi, penandaan, dan pemungutan suara. Kecerdasan implisit merupakan kecerdasan yang diperoleh dari informasi tidak langsung yang dihasilkan oleh pengguna, seperti blog. Kecerdasan turunan adalah kecerdasan yang diperoleh dari data yang dikumpulkan dari pengguna, seperti data dan penambahan teks, pengklasteran dan analisis prediktif, serta mesin pencari atau mesin rekomendasi.

III. SOCIAL E-LEARNING DAN MODEL YANG DIUSULKAN

A. FITUR YANG DIUSULKAN PADA SOCIAL E-LEARNING

Social e-learning dibangun berdasarkan ekosistem e-learning 2.0, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Fitur dasar yang diterapkan pada aplikasi social e-learning meliputi modul ruang kolaborasi, komunikasi, dan ruang personal. Ruang personal yang dimaksud adalah sebagai berikut.

1. Blog pribadi memfasilitasi pengguna untuk berbagi pengetahuan atau pengalaman masing-masing dalam bentuk tulisan yang dapat dibaca atau dipelajari oleh semua orang. Pengguna dapat menulis, melihat, mengubah, menambahkan komentar, serta menghapus blog atau unggahan di platform ini.
2. Seperti halnya blog, pengguna dapat berkontribusi dengan menulis artikel publik di komunitas Wiki. Administrator dalam komunitas bertanggung jawab untuk memeriksa seluruh konten di Wiki, termasuk membuat, menyunting, atau menghapus Wiki yang dianggap tidak relevan.
3. Manajemen profil memungkinkan pengguna mengubah foto profil, kata sandi, dan data lain. Setiap pengguna dapat melihat dan memperbarui data pribadinya. Data yang dapat diubah mencakup informasi pribadi.
4. Fitur lini masa dan notifikasi memungkinkan pengguna untuk melihat dan menghapus notifikasi. Notifikasi ini berisi aktivitas yang berkaitan dengan pengguna tersebut. Selain itu, pengguna dapat melihat notifikasi dalam bentuk lini masa. Setiap pengguna juga dapat berkomunikasi melalui pesan, yang memungkinkan pengguna untuk mengirim, menerima, dan menghapus pesan. Fitur manajemen berita memfasilitasi pengguna yang memiliki wewenang, seperti admin grup atau aplikasi, untuk mempublikasikan berita.

Fungsi utama dalam ruang kolaborasi dan komunikasi adalah sebagai berikut.

1. Manajemen pengguna mencakup pengelolaan pengguna beserta relasi pertemanan. Terdapat beberapa fungsi dalam manajemen pengguna, seperti menambahkan teman, menolak permintaan pertemanan, dan menyetujui permintaan pertemanan.

2. Manajemen grup bertugas mengelola grup atau komunitas yang diikuti oleh pengguna. Fungsi ini mencakup berbagai tugas, seperti membuat grup, menetapkan admin, mengundang anggota, keluar dari grup, mengeluarkan anggota dari grup, serta mengundang mereka kembali untuk bergabung.
3. Manajemen kursus memfasilitasi berbagai pengetahuan di antara pengguna dalam grup yang diikuti. Terdapat beberapa fungsi dalam manajemen kursus, seperti menulis, menyunting, melihat, memberi komentar, serta menghapus blog. Selain manajemen kursus, terdapat pula manajemen tugas yang mengelola kuis-kuis dalam grup. Fungsi ini mencakup pembuatan kuis, penambahan komentar, penyuntingan kuis, melihat hasil, penghapusan kuis, serta penyelesaian kuis.
4. Dalam manajemen konten, pengguna dapat berbagi gambar, video, dan *slide* presentasi dalam grup atau komunitas yang diikuti. Terdapat beberapa fungsi dalam manajemen konten, seperti mengunggah, menghapus, melihat, menambahkan komentar, dan menyunting konten.
5. Manajemen acara digunakan oleh pengguna ketika ingin mempublikasikan sebuah acara dalam grup atau komunitas. Fitur manajemen acara mencakup pembuatan acara, penghapusan acara, penayangan acara, penambahan komentar, penyuntingan acara, dan konfirmasi acara.

Arsitektur sistem yang diusulkan dalam *social e-learning* menerapkan arsitektur *multitier* (lihat Gambar 2). Dalam penelitian ini, arsitektur *multitier* dikembangkan untuk memisahkan berbagai masalah guna membangun sistem dengan kinerja tinggi. Arsitektur sistem yang diusulkan dalam *social e-learning* menerapkan arsitektur *multitier* yang terdiri atas lima tingkat, yaitu tingkat klien, tingkat presentasi, tingkat bisnis, tingkatan integrasi, dan tingkat sumber daya. Tingkat klien berfungsi sebagai antarmuka depan yang memungkinkan pengguna secara langsung mengakses aplikasi. Tingkat presentasi menangani permintaan pengguna dan mendelegasikan tugas ke logika bisnis atau layanan tertentu. Dalam penelitian ini, teknologi Servlet dan Java Server Page (JSP) digunakan. Arsitektur dikembangkan berdasarkan *model-view-controller* (MVC), sebuah pola yang banyak diterapkan dalam aplikasi berbasis web [15]. Pola MVC juga dapat diterapkan dalam pengembangan aplikasi bergerak, yang membantu pengembang menghasilkan kode yang lebih efisien dan terstruktur. Kerangka kerja ini didasarkan pada teknologi Java.

Tingkat bisnis terutama terdiri atas komponen entitas dan komponen layanan. Komponen entitas mewakili data yang disimpan dalam penyimpanan lokal atau dikirim ke sistem jarak jauh. Komponen layanan memvalidasi aturan bisnis dan memperbarui komponen entitas. Tingkat bisnis, yang diwakili oleh kelas *IWebSvcImpl*, mengimplementasikan algoritma web cerdas, seperti PageRank, metode kemiripan artikel, algoritme *naïve Bayes*, pohon keputusan, jaringan saraf, dan algoritme ROCK. Kelas ini diakses dari jarak jauh menggunakan protokol layanan web. Tingkat integrasi memisahkan komponen entitas dari sumber daya, yang dapat berupa basis data. Pada studi ini, *data access object* (DAO) digunakan untuk mengimplementasikan operasi *create*, *read*, *update*, dan *delete* (CRUD).

Penggunaan teknologi awan dipertimbangkan dalam penerapan sistem ini. Sistem awan menyediakan berbagai

layanan melalui sumber daya bersama yang tervirtualisasi, sehingga membuatnya lebih efisien dalam pengoperasian [16]. Arsitektur awan mendefinisikan model sistem terdistribusi yang bersifat abstrak dengan elemen-elemen yang sesuai, yang merepresentasikan komponen aplikasi dan keterkaitannya.

B. USULAN WEB CERDAS DALAM SOCIAL E-LEARNING

Bagian ini menjelaskan fitur-fitur web cerdas yang terintegrasi dalam sistem. Modul-modul cerdas tersebut meliputi pencarian dokumen, rekomendasi artikel, klasifikasi artikel, dan pengklasteran pengguna.

1) PENCARIAN DOKUMEN

Metode PageRank digunakan untuk pencarian dokumen. Metode ini merupakan algoritma pencarian peringkat di web yang memanfaatkan *hyperlink*. Algoritma ini dikenal sebagai salah satu fitur utama dari mesin pencari Google. Dalam metode ini, proses pemeringkatan dilakukan secara rekursif, dengan peringkat halaman web ditentukan berdasarkan peringkat halaman web lain yang memiliki tautan ke halaman tersebut.

Dalam penelitian ini, perhitungan yang disebut skor relevansi perlu dilakukan [17]. Perhitungan ini menentukan skor untuk setiap artikel setelah pengguna melakukan pencarian berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan oleh aplikasi. Artikel yang relevan dinilai berdasarkan tiga parameter: kata kunci, konten terindeks, dan kualitas dokumen. Persamaan (1) digunakan untuk menghitung nilai vektor iteratif dari skor relevansi.

$$\text{skor} = \sqrt{\frac{((\log \log(o) * \log(df)) * ssw) + (qw * qs) + (ucw * ucs)}{(maxdq + maxuc + (\log \log(df) * \log \log(max))}} \quad (1)$$

dengan o adalah kemunculan kata kunci, df adalah *document frequency* dokumen atau total dokumen yang mengandung kata kunci, ssw adalah *score sum weight* atau bobot kata kunci, qw adalah *quality weight* atau bobot artikel terbaru, qs adalah *quality score* atau skor untuk artikel terbaru, ucw adalah *user click weight* atau bobot klik pengguna, ucs adalah *user click score* atau nilai klik pengguna (bernilai antara 1 hingga 10), dan max adalah nilai maksimum kemunculan kata kunci (bernilai antara 1 hingga 10).

PageRank adalah algoritma pemeringkatan halaman yang mampu menangani data dalam jumlah besar. Algoritma ini menunjukkan relevansi dan kepentingan suatu halaman. Makin banyak pengguna yang mengunjungi sebuah halaman, makin tinggi peringkat yang diperoleh halaman tersebut. Dalam sistem yang diusulkan, tidak hanya artikel yang tersimpan di dalam basis data yang diambil, tetapi juga artikel di luar basis data dengan menggunakan *crawler*.

2) SARAN DAN REKOMENDASI DOKUMEN

Metode kemiripan digunakan untuk memberikan saran dan rekomendasi artikel. Algoritma pembelajaran mesin diterapkan untuk mengidentifikasi data yang serupa [18]. Untuk meningkatkan probabilitas, dipertimbangkan skenario dengan n adalah jumlah total elemen yang dibandingkan, x adalah elemen pertama yang dibandingkan, dan y adalah elemen kedua yang dibandingkan. Metode ini membandingkan setiap elemen berdasarkan rata-rata waktu lintasan pertama (satu arah), yang berarti metode ini dapat menghitung waktu rata-rata lintasan pertama serta menentukan skor kemiripan antara elemen-elemen dalam basis data. Perhitungan kemiripan dilakukan dengan menggabungkan semua fitur data menjadi satu nilai numerik. Pada langkah ini, *root mean square error* (RMSE)

digunakan untuk menghitung kesalahan antara nilai observasi dan nilai prediksi. Untuk menghitung RMSE, digunakan (2).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}(\sum_1^n(x^2 + y^2))}. \quad (2)$$

Sistem rekomendasi menggunakan atribut konten untuk menentukan sejumlah rekomendasi artikel [19]. Metode algoritma kemiripan (*similarity*) digunakan untuk membandingkan kemiripan antarkelompok rekomendasi. Kemiripan antara dua artikel ditentukan dengan mengidentifikasi data yang serupa dan membandingkan jumlah elemen terhadap artikel yang direkomendasikan.

3) KLASIFIKASI DOKUMEN

Social e-learning yang diusulkan akan diimplementasikan di masyarakat pedesaan. Konten yang dipublikasikan dalam sistem harus mencakup kegiatan-kegiatan pedesaan, seperti pertanian, peternakan, perikanan, dan perkebunan.

Dalam penelitian ini, naïve Bayes, pohon keputusan, dan jaringan saraf dibandingkan untuk mengidentifikasi pendekatan klasifikasi terbaik. Naïve Bayes adalah metode yang menganalisis probabilitas sederhana dengan menghitung sekumpulan probabilitas melalui penggabungan frekuensi dan nilai dari kumpulan data tertentu [20], [21]. Pada (3), $p(X)$ menunjukkan probabilitas awal, $p(Y)$ menunjukkan bukti, dan $p(Y/X)$ menunjukkan kemungkinan.

$$p(Y) = \frac{p(Y)p(X)}{p(Y)}. \quad (3)$$

Pohon keputusan adalah teknik pembelajaran mesin yang digunakan untuk menyelesaikan masalah klasifikasi dan regresi. Teknik ini membantu mengidentifikasi hubungan antara titik-titik data dalam kumpulan data dengan membangun struktur berbentuk pohon. Struktur pohon ini digunakan untuk membuat prediksi yang akurat terhadap data yang belum terlihat. *Dataset* dibagi menjadi beberapa subset, yang menghasilkan cabang simpul keputusan atau simpul keputusan. *Node* pertama disebut sebagai *node* akar, sedangkan *node* keputusan akhir yang tidak memiliki cabang disebut sebagai *node* daun. Untuk menentukan atribut terbaik dari kriteria pemilihan, *information gain* digunakan untuk memilih atribut pada sebuah *node*. Entropi, dihitung menggunakan (4), juga digunakan untuk menentukan varians dari data sampel [22].

$$Entropy(D) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i) \quad (4)$$

dengan D adalah variabel acak diskret, x_i adalah hasil yang mungkin terjadi, dan $p(x_i)$ adalah probabilitas terjadinya x_i .

Jaringan saraf juga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan sesuatu. Jaringan ini terdiri atas *node-node* neuron yang saling terhubung. Setiap *node* bertanggung jawab untuk menerima data dari *node* masukan atau *node* neuron lainnya dan mengirimkan data ke *node* lain [23]. Dalam hal ini, diusulkan enam masukan jaringan saraf untuk mewakili jumlah kata kunci pertanian yang ditemukan pada judul artikel, jumlah kata kunci peternakan yang ditemukan pada judul artikel, jumlah kata kunci perikanan yang ditemukan pada judul artikel, jumlah kata kunci pertanian yang ditemukan pada isi artikel, jumlah kata kunci peternakan yang ditemukan pada isi artikel, dan jumlah kata kunci perikanan yang ditemukan pada isi artikel (5).

$$y_{1,j} = \sum_{i=1}^6 w_{1,(3(i-1)+1)x_i} + b_{1,j} \quad (5)$$

$$y_{2,j} = \sum_{i=1}^3 w_{2,(3(i-1)+1)y_{1,i}} + b_{2,j}$$

Selain itu, jaringan saraf tiruan terdiri atas n lapisan masukan dengan enam masukan, lapisan tersembunyi dengan tiga neuron, dan lapisan keluaran dengan tiga neuron yang terhubung ke tiga keluaran. Variabel w_1 adalah bobot dari setiap garis yang menghubungkan masukan ke lapisan tersembunyi, sehingga terdapat total 18 garis. Terdapat tiga *bias* b_1 untuk setiap neuron pada lapisan tersembunyi. Dari lapisan tersembunyi, terdapat sembilan garis y_1 , yang disebut keluaran dari lapisan tersembunyi. Pada garis yang sama, terdapat sembilan bobot yang disebut w_2 . Terakhir, lapisan keluaran terdiri atas tiga *bias* b_2 dan tiga keluaran y_2 .

4) PENGKLASTERAN PENGGUNA

Algoritma pengklasteran ROCK merupakan salah satu algoritma yang paling terkenal untuk mengklasterkan set data kategorikal. Algoritma ini sangat cocok untuk data kategorikal, seperti kata kunci, atribut *boolean*, dan data pencacahan. Algoritma ini bekerja dengan baik pada kumpulan data yang besar.

Algoritma ROCK diimplementasikan menggunakan *dendrogram* untuk menentukan struktur kluster. Poin utama dari algoritma ini adalah memanfaatkan tautan sebagai ukuran kemiripan, alih-alih mengandalkan jarak sebagai ukuran. Metrik jarak (koefisien Jaccard) digunakan untuk menentukan titik-titik yang terhubung dengan titik tertentu. Metrik ini digunakan untuk membandingkan jumlah istilah umum di antara deskripsi [13].

Dendrogram adalah struktur dasar yang digunakan dalam pengklasteran terenkapsulasi. Struktur ini merupakan struktur data berbentuk pohon yang membantu dalam menangkap pembentukan kluster secara hierarkis. Kemiripan Jaccard atau koefisien Jaccard adalah algoritma yang digunakan untuk membandingkan dua dokumen berdasarkan kesamaan *string* yang dimiliki, seperti ditunjukkan pada (6).

$$JC(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (6)$$

dengan $JC(A, B)$ adalah koefisien kemiripan Jaccard antara A dan B , dengan A dan B adalah dokumen atau kumpulan kata.

Goodness measure digunakan untuk menilai kebaikan dan mengevaluasi bahwa dua kluster perlu digabungkan atau tidak. Kluster ROCK yang terbaik adalah kluster yang memaksimalkan nilai ukuran kebaikan (7)–(9).

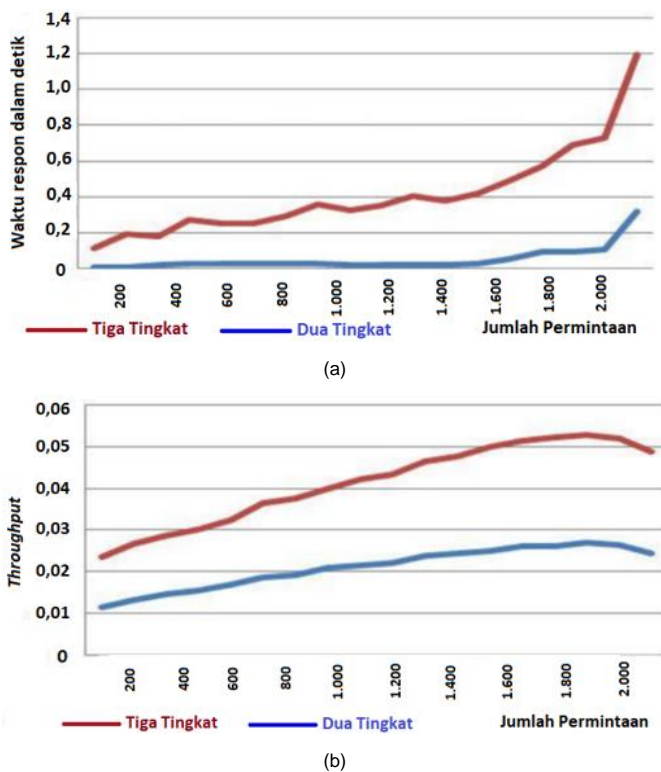
$$f = \frac{1,0-th}{1,0+th} \quad (7)$$

$$p = 1,0 + 2,0x f(th) \quad (8)$$

$$g = \frac{nLinks(X,Y)}{((nX)+n(Y))^p - (nX)^p - (nY)^p} \quad (9)$$

dengan th merupakan ambang batas tautan, f memastikan bahwa ambang batas tautan tersebut juga merupakan ambang batas untuk ukuran kemiripan, p menghitung ukuran kebaikan penggabungan perlu diterapkan atau tidak, sedangkan g merepresentasikan ukuran kebaikan. X dan Y masing-masing adalah kluster X dan kluster Y .

Dalam penelitian ini, pengklasteran dilakukan untuk rekomendasi pertemanan yang dimulai dengan menulis artikel terlebih dahulu di blog. Artikel-artikel yang terdapat dalam basis data akan diklasterkan. Hasilnya adalah artikel-artikel yang diklasterkan berdasarkan kemiripan kata kunci yang ditulis oleh pengguna. Artikel-artikel yang memiliki kemiripan kemudian dipertimbangkan sebagai dasar untuk rekomendasi pertemanan.



Gambar 3. Uji kinerja, (a) waktu respons, (b) throughput.

5) PENGUKURAN AKURASI

Confusion matrix dapat digunakan untuk mengukur kinerja suatu metode klasifikasi. Pada dasarnya, confusion matrix berisi informasi yang membandingkan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem dengan hasil klasifikasi yang sebenarnya.

Terdapat empat ukuran evaluasi, yaitu true positive (TP), true negative (TN), false positive (FP), dan false negative (FN). Untuk multikelas, confusion matrix dengan kelas K memiliki matriks berukuran K x K. Confusion matrix digunakan untuk mengevaluasi kinerja classifier pada dataset. Matriks ini berfungsi membedakan antara nilai prediksi dengan nilai aktual dari elemen model dalam rekayasa perangkat lunak, yang dikenal sebagai akurasi. Nilai akurasi untuk matriks K x K diperoleh dengan menggunakan (10).

$$Akurasi = \frac{TF}{Total\ Prediksi} \times 100. \tag{10}$$

IV. EVALUASI SISTEM

Sistem ini akan diimplementasikan di seluruh wilayah pedesaan di Indonesia. Evaluasi kinerja menjadi perhatian utama mengingat banyaknya potensi pengguna yang akan memanfaatkan sistem ini.

A. EVALUASI KINERJA SISTEM

Uji ketahanan (stress test) dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan aplikasi social e-learning dalam menghadapi kondisi tidak normal, terutama terkait jumlah pengguna. Pengujian sistem dilakukan menggunakan aplikasi JMeter melalui beberapa kali uji coba permintaan (request) atau thread yang mengakses sistem. Uji ketahanan ini diterapkan pada arsitektur dua tingkat dan tiga tingkat untuk menentukan kinerja terbaik di antara kedua arsitektur tersebut. Aplikasi social e-learning ini dijalankan pada server dengan prosesor Intel Xeon CPU E3-1230 V2 3,30 GHz, memori 16 GB, dan beroperasi pada sistem operasi Windows.



Gambar 4. Halaman pencarian artikel.

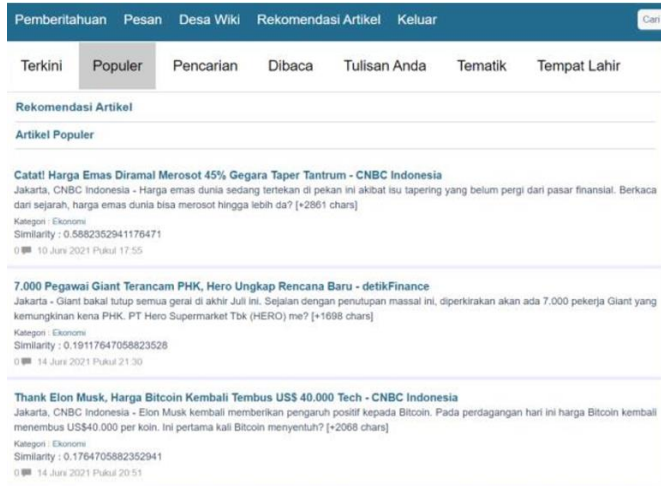
Dalam penelitian ini, uji ketahanan dilakukan untuk membandingkan nilai rata-rata waktu respons, throughput atau jumlah permintaan yang dapat ditangani oleh sistem dalam hitungan detik, serta persentase kesalahan saat menangani permintaan pengguna atau mengirimkan respons kepada pengguna. Ketika jumlah permintaan mencapai 2.000 thread, sistem tidak mampu menangani permintaan tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh tingkat kesalahan yang terdeteksi pada masing-masing arsitektur. Tingkat kesalahan tersebut adalah 8,22% untuk arsitektur dua tingkat dan 0,73% untuk arsitektur tiga tingkat.

Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian terhadap dua jenis arsitektur yang diperiksa. Gambar 3(a) menampilkan nilai rata-rata waktu respons pada dua arsitektur yang berbeda. Tampak bahwa rata-rata waktu respons arsitektur dua tingkat lebih cepat daripada arsitektur tiga tingkat. Pada arsitektur dua tingkat, server web dan server basis data ditempatkan pada mesin yang sama. Oleh karena itu, waktu yang dibutuhkan untuk menangani permintaan pengguna menjadi lebih singkat. Sementara itu, jumlah permintaan pengguna yang dapat ditangani oleh arsitektur tiga tingkat lebih besar daripada arsitektur dua tingkat (Gambar 3(b)). Pada arsitektur tiga tingkat, tiga mesin yang berbeda menangani tugas yang berbeda. Namun, pada arsitektur dua tingkat, server web dan basis data berada pada mesin yang sama.

B. EVALUASI MODUL PENCARIAN DOKUMEN

Penelitian ini mengimplementasikan modul pencarian dokumen untuk menemukan dokumen dan artikel. Metode PageRank dengan algoritma skor relevansi diteliti dalam konteks ini. Pengguna dapat mencari artikel dengan memasukkan kata kunci pada kolom pencarian. Hasil pencarian mencakup artikel yang dibuat oleh pengguna, artikel dari pengguna lain, serta berita. Hal ini memudahkan masyarakat desa dalam mencari informasi, khususnya terkait kegiatan sosial, melalui aplikasi social e-learning di desa.

Gambar 4 menunjukkan hasil pencarian dalam aplikasi social e-learning desa. Gambar ini menampilkan “Desa Wiki”, yang terjemahannya dalam bahasa Inggris adalah “Wiki Village”. Pada hasil pencarian, beberapa artikel muncul berdasarkan kata kunci yang dimasukkan dan hasil perhitungan skor relevansi dari setiap artikel. Skor relevansi ini didasarkan pada tiga parameter, yaitu kata kunci, konten yang terindeks, dan tanggal publikasi artikel. Skor relevansi diurutkan dari



Gambar 5. Halaman saran dan rekomendasi artikel.

yang tertinggi hingga terendah, menunjukkan peringkat artikel berdasarkan kata kunci yang relevan yang telah dimasukkan oleh pengguna di kolom “Masukkan Kata Kunci”.

C. EVALUASI SARAN DAN REKOMENDASI DOKUMEN

Halaman saran dan rekomendasi dokumen yang diusulkan menampilkan artikel-artikel yang dikelompokkan ke dalam tujuh kategori, yaitu terkini, populer, pencarian, dibaca, tulisan Anda, tematik, dan tempat lahir. Perhitungan kemiripan dilakukan dengan membandingkan semua kata kunci yang dimasukkan pada menu rekomendasi artikel. Selanjutnya, halaman akan menampilkan dua bagian, yaitu artikel yang direkomendasikan dan skor kemiripan. Skor kemiripan dihitung berdasarkan perbedaan elemen di antara artikel yang dibandingkan, dengan rentang skor antara 0 hingga 1. Gambar 5 memperlihatkan halaman saran dan rekomendasi.

Menu “Populer” berisi artikel-artikel yang paling banyak dibaca oleh pengguna. Pengguna dapat memilih salah satu artikel yang sering dikunjungi. Menu “Dibaca” menampilkan artikel-artikel yang telah diakses oleh pengguna. Menu ini juga dapat merekomendasikan artikel yang telah dibaca, sehingga pengguna dapat memilih dan menampilkan isi keseluruhan artikel tersebut. Menu “Tulisan Anda” berisi artikel-artikel yang telah ditulis oleh pengguna. Menu ini juga menampilkan artikel yang direkomendasikan dengan topik yang mirip atau berhubungan dengan artikel milik pengguna yang sedang masuk (*login*). Menu “Tematik” berisi artikel-artikel menarik yang disukai oleh pengguna yang masuk. Menu ini menampilkan artikel tematik yang direkomendasikan berdasarkan topik yang sering dibaca oleh pengguna. Skor kemiripan ditampilkan bersama dengan setiap artikel. Kemiripan tersebut dihitung berdasarkan elemen-elemen yang terdapat dalam artikel. Selanjutnya, elemen-elemen tersebut dibandingkan dengan mempertimbangkan perbedaan yang ada di antara artikel-artikel terkait. Metode berikut digunakan untuk menentukan perbedaan antara kedua artikel tersebut.

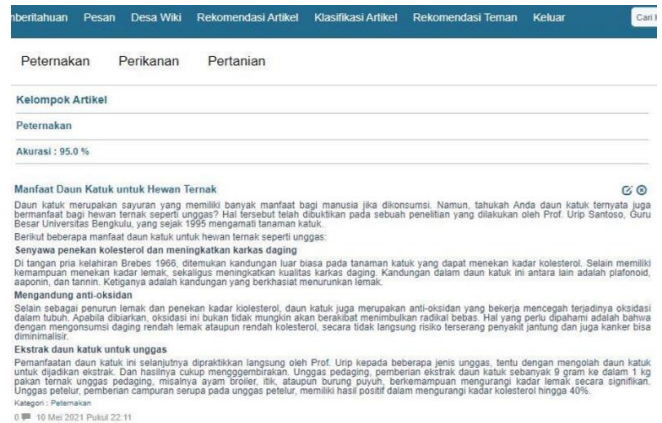
1. Membuat skala elemen dari 0 hingga 1.
2. Memberikan skor pada elemen-elemen dalam kedua artikel dengan skala 3.
3. Menghitung perbedaan nilai elemen pada kedua artikel.
4. Menampilkan nilai kemiripan pada halaman rekomendasi.

Evaluasi perhitungan dilakukan untuk menentukan perbandingan antara artikel-artikel yang sesuai dengan kategori

```

17
1.0
8
0.47058823529411764
7
0.4117647058823529
7
0.4117647058823529
6
0.35294117647058826
0.5882352941176471
0.19117647058823528
0.1764705882352941
0.1764705882352941
0.22058823529411764
CALL viewPopularArticle ();
    
```

Gambar 6. Contoh penghitungan kemiripan artikel populer.



Gambar 7. Halaman klasifikasi artikel.

yang dipilih. Perhitungan kemiripan berdasarkan kategori membutuhkan lima artikel. Setiap artikel kemudian dibandingkan dengan artikel lainnya. Berikut merupakan hasil perhitungan kemiripan berdasarkan lima artikel populer yang direkomendasikan oleh sistem. Ketika artikel dibaca, nilai jumlah artikel tersebut diberi skala dari 0 hingga 1 dan hasil kemiripan relatif dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6, hasil perhitungan kemiripan dari evaluasi implementasi algoritma berbasis kemiripan menghasilkan skor kemiripan artikel untuk sejumlah elemen yang dibandingkan. Hasil skor kemiripan tersebut dapat dilihat pada baris pertama, yang menunjukkan skor 17 sebagai jumlah klik atau jumlah baca. Baris kedua menunjukkan skor 1,0 sebagai nilai klik yang telah diskalakan. Nilai kemiripan untuk artikel pertama adalah 0,5882 (lihat baris 11). Perhitungan ini diaplikasikan pada artikel kedua dengan nilai kemiripan 0,1911 (lihat baris 12), artikel ketiga 0,1764 (lihat baris 13), artikel keempat 0,1764 (lihat baris 14), dan artikel kelima 0,2205 (lihat baris 15). Kesimpulannya adalah makin banyak artikel yang dibaca oleh pengguna, makin populer artikel tersebut dan muncul di bagian atas. Dalam hal ini, popularitas dihitung berdasarkan jumlah artikel yang dibaca.

D. EVALUASI KLASIFIKASI DOKUMEN

Confusion matrix digunakan untuk menguji algoritma *naïve Bayes*, pohon keputusan, dan jaringan saraf. Setelah membandingkan algoritma *naïve Bayes*, pohon keputusan, dan jaringan saraf, hasilnya menunjukkan bahwa jaringan saraf memberikan hasil terbaik. Oleh karena itu, modul klasifikasi artikel, seperti diperlihatkan pada Gambar 7, menggunakan jaringan saraf.

Tabel II menunjukkan hasil pengujian yang membandingkan kinerja algoritma *naïve Bayes*, pohon keputusan, dan jaringan saraf. *Naïve Bayes* menunjukkan akurasi yang lebih rendah dibandingkan dengan jaringan saraf

TABEL II
PERBANDINGAN ALGORITMA KLASIFIKASI ARTIKEL

Algoritma	Artikel yang Diklasifikasi dengan Tepat	Artikel yang Diklasifikasi Keliru	Akurasi
Jaringan saraf	243	12	95,2%
Pohon keputusan	217	38	87,0%
Naïve Bayes	163	92	63,9%



Gambar 8. Halaman pengelompokan pengguna.

dan pohon keputusan karena keterbatasannya dalam pengambilan keputusan berbasis probabilitas. *Naïve Bayes* menghadapi masalah probabilitas nol ketika data uji untuk kelas tertentu tidak ditemukan dalam data pelatihan. Hal tersebut dapat menghasilkan probabilitas frekuensi nol.

E. EVALUASI PENGLASTERAN PENGGUNA

Metode pengklasteran diterapkan pada fitur rekomendasi teman. Dalam hal ini, pengguna mendapatkan rekomendasi teman berdasarkan tulisan dan artikel yang dianggap menarik. Saat masuk ke aplikasi *social e-learning*, pengguna dapat mengklik menu rekomendasi teman dan aplikasi akan menjalankan algoritma pengklasteran ROCK.

Pengklasteran dilakukan berdasarkan judul dan konten artikel yang ditulis oleh setiap pengguna. Algoritma menghitung frekuensi kemunculan kata kunci dalam sebuah artikel. Pada tahap ini, parameter *topNterms* didefinisikan. Perhitungan ini dilakukan pada semua artikel yang tersedia. Setelah memperoleh *topNterms*, artikel dengan kata kunci yang sama diklasterkan, membentuk sejumlah kelompok artikel yang serupa. Klaster yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mempertimbangkan rekomendasi teman. Gambar 8 menunjukkan halaman rekomendasi teman.

Gambar 8 juga menunjukkan log di balik layar hasil pengklasteran. Dalam kasus ini, terdapat sepuluh pengguna yang menulis lima artikel, yaitu pengguna 1, 2, 3, dan 10 menulis artikel tentang peternakan; pengguna 2 menulis artikel tentang perikanan; pengguna 4, 5, dan 6 menulis artikel tentang pertanian; pengguna 7, 8, dan 9 menulis artikel tentang perikanan; dan pengguna 7 menulis artikel tentang pertanian. Hasil rekomendasi teman diperlihatkan pada Tabel III. Sementara itu, Tabel IV menunjukkan bahwa nilai manfaat dari pengklasteran dalam kasus ini adalah 0,10, yang mencapai 18 tingkat klaster.

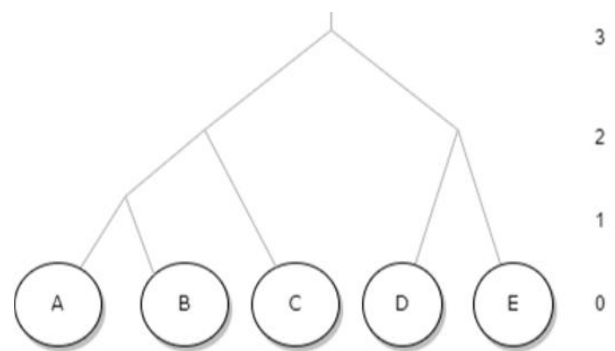
Penjelasan sederhana mengenai pelevelan dijelaskan di bawah ini. Struktur *dendrogram* adalah struktur data pohon yang membantu menangkap pembentukan klaster hierarkis. Gambar 9 menampilkan visualisasi *dendrogram*.

TABEL III
REKOMENDASI TEMAN UNTUK SETIAP PENGGUNA

ID Pengguna	Teman yang Direkomendasikan
2	Pengguna 5, Pengguna 7, Pengguna 8, dan Pengguna 9
5	Pengguna 2, Pengguna 7, Pengguna 8, dan Pengguna 9
7	Pengguna 2, Pengguna 5, Pengguna 8, dan Pengguna 9
8	Pengguna 2, Pengguna 5, Pengguna 7, dan Pengguna 9
9	Pengguna 2, Pengguna 5, Pengguna 7, dan Pengguna 8

TABEL IV
UKURAN KEBAIKAN DI SETIAP LEVEL KLASTER

Level	Ukuran Kebaikan	Level	Ukuran Kebaikan
1	Tak terhingga	10	0,86
2	2,30	11	0,65
3	1,97	12	0,65
4	1,97	13	0,65
5	1,56	14	0,51
6	1,37	15	0,43
7	0,98	16	0,35
8	0,98	17	0,21



Gambar 9. Visualisasi hierarki klaster dendrogram.

Dendrogram diinterpretasikan sebagai himpunan tiga elemen $[d, k, \{...\}]$. Elemen pertama adalah ambang batas kedekatan (d), elemen kedua adalah jumlah klaster (k), dan elemen ketiga adalah himpunan klaster. Gambar 9 mengilustrasikan visualisasi *dendrogram* dengan empat level, dengan klaster-klaster dibagi menjadi $\{[0, 5, \{\{A\}, \{B\}, \{C\}, \{D\}, \{E\}\}], [1, 3, \{\{A, B\}, \{C\}, \{D, E\}\}], [2, 2, \{\{A, B, C\}, \{D, E\}\}], [3, 1, \{A, B, C, D, E\}]\}$. Terdapat empat level klaster yang dimulai dari level 0 hingga level 3.

V. KESIMPULAN

Algoritma web cerdas diimplementasikan untuk menentukan peringkat artikel, memberikan saran dan rekomendasi artikel, melakukan klasifikasi dokumen, serta merekomendasikan teman. Algoritma PageRank digunakan untuk pencarian dokumen. Metode kemiripan digunakan untuk memberikan saran dan rekomendasi dokumen. Beberapa algoritma klasifikasi, yaitu *naïve Bayes*, pohon keputusan, dan jaringan saraf, dibandingkan untuk menemukan hasil yang paling akurat. Hasilnya menunjukkan bahwa jaringan saraf merupakan pilihan terbaik untuk klasifikasi dokumen. Terakhir, algoritma ROCK digunakan untuk rekomendasi pertemanan.

Pada penelitian selanjutnya, pengembangan pembelajaran sosial akan difokuskan pada modul pembelajaran berbasis proyek, yang memungkinkan penduduk desa untuk berbagi cerita mengenai proyek pertanian atau akuakultur, yang sedang berlangsung maupun yang telah selesai, serta upaya konservasi lingkungan dengan implementasi kecerdasan buatan.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan dan ditulis tanpa konflik kepentingan.

KONTRIBUSI PENULIS

Metodologi, Seno Adi Putra; program pengkasteran, Timmie Siswandi; program pencarian artikel, Dessy Yussela; program saran dan rekomendasi artikel, Rinez Asprinola; program klasifikasi berbasis *naïve Bayes*, Erin Karina; program klasifikasi berbasis jaringan saraf tiruan, Mega Candra Dewi; program klasifikasi berbasis pohon keputusan, Santi Alarif; penulisan, Seno Adi Putra.

REFERENSI

- [1] S. Wan dan Z. Niu, "A hybrid e-learning recommendation approach based on learners' influence propagation," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 32, no. 5, hal. 827–840, Mei 2020, doi:10.1109/TKDE.2019.2895033.
- [2] J.J. Walcutt dan S. Schatz, *Modernizing Learning: Building the Future Learning Ecosystem*. Washington DC, USA: Government Publishing Office, 2019.
- [3] S.A. Salloum dkk., "Exploring students' acceptance of e-learning through the development of a comprehensive technology acceptance model," *IEEE Access*, vol. 7, hal. 128445–128462, Sep. 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2939467.
- [4] M. Hajli, H. Bugshan, X. Lin, dan M. Featherman, "From e-learning to social learning – A health care study," *Eur. J. Train. Dev.*, vol. 37, no. 9, hal. 851–863, Nov. 2013, doi: 10.1108/EJTD-10-2012-0062.
- [5] R. Moraghebi, J. Guo, dan G.F. Laksmono, "Tiger e-learning system," *J. Comput. Sci. Coll.*, vol. 24, no. 4, hal. 221–228, Apr. 2009.
- [6] B. Alojaiman, "Toward selection of trustworthy and efficient e-learning platform," *IEEE Access*, vol. 9, hal. 133889–133901, Sep. 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3114150.
- [7] S.M. Aslam, A.K. Jilani, J. Sultana, dan L. Almutairi, "Feature evaluation of emerging e-learning systems using machine learning: An extensive survey," *IEEE Access*, vol. 9, hal. 69573–69587, Mei 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3077663.
- [8] A.J. Henderson, *The E-learning Question and Answer Book: A Survival Guide for Trainers and Business Managers*. New York, NY, AS: Amacom, 2003.
- [9] M.A. Chatti, M. Jarke, dan D. Frosch-Wilke, "The future of e-learning: A shift to knowledge networking and social software," *Int. J. Knowl. Learn. (IJLK)*, vol. 3, no. 4–5, hal. 404–420, 2007, doi: 10.1504/IJKL.2007.016702.
- [10] J. Maan, "A connected enterprise - Transformation through mobility and social network," *Int. J. Manag. Inf. Technol. (IJMIT)*, vol. 4, no. 3, hal. 89–96, Agu. 2012, doi: 10.5121/ijmit.2012.4308.
- [11] G. Dafoulas dan A. Shokri, "Investigating the educational value of social learning networks: A quantitative analysis," *Interac. Technol. Smart Educ.*, vol. 13, no. 4, hal. 305–322, Nov. 2016, doi: 10.1108/ITSE-09-2016-0034.
- [12] H.H. Yang dan S.C.-Y. Yuen, *Collective Intelligence and E-learning 2.0: Implications of Web-Based Communities and Networking*. Hershey, PA, AS: IGI Global, 2010.
- [13] H. Marmanis dan D. Babenko, *Algorithms of the Intelligent Web*. Shelter Island, NY, AS: Manning, 2009.
- [14] S. Alag, *Collective Intelligence in Action*. Shelter Island, NY, AS: Manning, 2008.
- [15] W. Ngaogate, "Integrating flyweight design pattern and MVC in development of web application," dalam *ITCC '20, Proc. 2020 2nd Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Commun.*, 2020, hal. 27–31, doi: 10.1145/3417473.3417478.
- [16] C. Pahl, P. Jamshidi, dan O. Zimmermann, "Architectural principles for cloud software," *ACM Trans. Internet Technol. (TOIT)*, vol. 18, no. 2, hal. 1–23, Mei 2018, doi: 10.1145/3104028.
- [17] Z. Zhu dkk., "Fast PageRank computation based on network decomposition and DAG structure," *IEEE Access*, vol. 6, hal. 41760–41770, Jun. 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2851604.
- [18] Y. Mo dkk., "Cloud-based mobile multimedia recommendation system with user behavior information," *IEEE Syst. J.*, vol. 8, no. 1, hal. 184–193, Mar. 2014, doi: 10.1109/JSYST.2013.2279732.
- [19] I.H. Mwinyi, H.S. Narman, K.-C. Fang, dan W.-S. Yoo, "Predictive self-learning content recommendation system for multimedia contents," dan *2018 Wireless Telecommun. Symp. (WTS)*, 2018, hal. 1–6, doi: 10.1109/WTS.2018.8363949.
- [20] C.K. Aridas dkk., "Uncertainty based under-sampling for learning naive Bayes classifiers under imbalanced data sets," *IEEE Access*, vol. 8, hal. 2122–2133, Jan. 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2961784.
- [21] S. Wang, J. Ren, dan R. Bai, "A regularized attribute weighting framework for naive Bayes," *IEEE Access*, vol. 8, hal. 225639–225649, Des. 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3044946.
- [22] W. Xiaohu, W. Lele, dan L. Nianfeng, "An application of decision tree based on ID3," *Phys. Procedia*, vol. 25, hal. 1017–1021, 2012, doi: 10.1016/j.phpro.2012.03.193.
- [23] R. Xin, J. Zhang, dan Y. Shao, "Complex network classification with convolutional neural network," *Tsinghua Sci. Technol.*, vol. 25, no. 4, hal. 447–457, Agu. 2020, doi: 10.26599/TST.2019.9010055.