

**PENGEMBANGAN LEARNING MANAGEMENT SYSTEM BERBASIS
ALGORITMA *CLUSTERING* DAN GENETIKA UNTUK PEMBENTUKAN
KELOMPOK HETEROGEN DALAM MODEL TEAMS GAMES
TOURNAMENT****Raihan Syeka Pramukastie^{*1}, Wahyudin², Yogi Prasetyo³**^{1,2,3}Pendidikan Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154Email: ¹raihansp028@upi.edu, ²wahyudin_sanusi@upi.edu, ³yogiprasetyo@upi.edu**ABSTRAK**

Pembentukan kelompok belajar heterogen yang efektif pada model *Teams Games Tournament* (TGT) sering terkendala penilaian pribadi guru dan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *Learning Management System* (LMS) berbasis kecerdasan buatan untuk mengotomatisasi proses tersebut secara objektif. Menggunakan metode *Research and Development* (R&D) model ADDIE, sistem mengintegrasikan *K-Means Clustering* untuk *profiling* motivasi siswa (model ARCS) dan Algoritma Genetika untuk optimisasi kelompok. Uji coba pada 31 siswa SMA menunjukkan sistem sangat layak (validasi ahli 96,8%) dan praktis (skor SUS 88,1). Secara fungsional, sistem mencapai keseimbangan ukuran kelompok sempurna (100%), dengan tingkat heterogenitas motivasi sebesar 41,5% yang dipengaruhi distribusi data populasi. Disimpulkan bahwa integrasi algoritma *K-Means* dan Genetika dalam LMS ini efektif sebagai solusi pembentukan kelompok belajar yang objektif dan efisien.

Kata Kunci: *Learning Management System; Pembentukan Kelompok Heterogen; Teams Games Tournament; Algoritma Clustering; Algoritma Genetika; Motivasi Belajar*

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan pembelajaran kolaboratif sangat bergantung pada pembentukan kelompok belajar yang efektif. Namun, guru di lapangan sering menghadapi tantangan dalam menyusun kelompok yang seimbang dan heterogen. Proses pengelompokan yang hanya didasarkan pada skor akademik tunggal terbukti kurang optimal karena mengabaikan keragaman siswa dan faktor non-akademik krusial seperti motivasi belajar [1]. Akibatnya, kelompok yang terbentuk seringkali tidak mampu mengembangkan potensi setiap siswa secara maksimal [2].

Salah satu model pembelajaran yang dirancang untuk mengatasi masalah ini adalah

Teams Games Tournament (TGT). Model ini secara fundamental mensyaratkan adanya kelompok-kelompok heterogen agar setiap tim memiliki kesempatan yang setara untuk berhasil dan dapat mendorong terjadinya tutor sebaya [3]. Meskipun demikian, tantangan utama bagi guru tetap terletak pada proses pembentukan kelompok itu sendiri. Menyusun komposisi tim yang paling heterogen secara manual dari berbagai kemungkinan kombinasi siswa merupakan masalah optimisasi yang kompleks, memakan waktu, dan sulit dilakukan secara objektif.

Untuk menjawab tantangan tersebut, pemanfaatan teknologi melalui *Learning Management System* (LMS) yang cerdas dapat

menjadi solusi. Penelitian ini mengusulkan pengembangan sebuah LMS yang mampu mengotomatisasi proses pembentukan kelompok heterogen melalui mekanisme dua tahap. Tahap pertama adalah *profiling* siswa, di mana sistem mengukur tingkat motivasi belajar menggunakan kuesioner model ARCS dan mengolahnya dengan algoritma *clustering K-Means* untuk menghasilkan klaster motivasi (tinggi, sedang, rendah). Tahap kedua adalah optimisasi, di mana sistem menggunakan Algoritma Genetika untuk mencari komposisi tim TGT yang paling optimal dan heterogen berdasarkan profil motivasi tersebut.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, penelitian ini berfokus pada pengembangan sebuah *Learning Management System* berbasis kombinasi algoritma *clustering* dan genetika. Tujuannya adalah untuk menyediakan alat bantu yang valid dan efektif bagi guru dalam mengimplementasikan model TGT secara lebih mudah, objektif, dan adil, sehingga dapat meningkatkan kualitas proses pembelajaran di kelas.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Model Pembelajaran *Teams Games Tournament* (TGT)

Teams Games Tournament (TGT) adalah salah satu model pembelajaran kooperatif yang secara unik mengintegrasikan kerja sama tim dengan kompetisi yang sehat melalui permainan (*games*) dan turnamen (*tournament*). Menurut Slavin [1], model ini memiliki tiga komponen fundamental: tim (*teams*) belajar yang heterogen, permainan akademik untuk memperdalam materi, dan turnamen di mana siswa berkompetisi secara individual untuk menyumbangkan poin bagi timnya. Keberhasilan TGT sangat bergantung pada pembentukan kelompok yang heterogen dari segi kemampuan akademik, jenis kelamin, dan latar belakang lainnya. Heterogenitas ini menjadi fondasi krusial bagi terjadinya tutor sebaya (*peer tutoring*) dan memastikan setiap tim memiliki peluang yang adil untuk berhasil dalam turnamen [2].

Keterkaitan antara TGT dan motivasi belajar sangatlah erat. Struktur TGT yang kompetitif namun tetap suportif terbukti mampu meningkatkan motivasi siswa secara signifikan [3]. Adanya penghargaan kelompok (*team recognition*) mendorong setiap individu untuk berusaha semaksimal mungkin demi keberhasilan tim, yang pada akhirnya menumbuhkan rasa tanggung jawab dan motivasi ekstrinsik. Di sisi lain, unsur permainan yang menyenangkan dan interaksi dalam tim dapat membangkitkan motivasi intrinsik, membuat siswa lebih aktif dan percaya diri dalam proses

pembelajaran [3]. Dengan demikian, TGT tidak hanya berfokus pada pencapaian kognitif, tetapi juga secara aktif membangun lingkungan yang dapat menumbuhkan dan mempertahankan motivasi belajar siswa.

Meskipun efektif, implementasi TGT di lapangan menghadapi tantangan praktis, terutama dalam proses pembentukan kelompok. Menyusun komposisi tim yang paling heterogen dari berbagai kemungkinan kombinasi siswa merupakan masalah optimisasi yang kompleks, memakan waktu, dan sulit dilakukan secara objektif jika hanya mengandalkan intuisi guru [4]. Di sinilah peran teknologi melalui *Learning Management System* (LMS) menjadi solusi. Sebuah LMS yang cerdas dapat mengotomatisasi proses pembentukan kelompok yang rumit ini. Dengan memanfaatkan data siswa, baik akademik maupun non-akademik seperti motivasi, sistem dapat merekomendasikan komposisi kelompok yang paling optimal dan seimbang [5]. Kehadiran sistem bantu ini tidak hanya meringankan beban administratif guru, tetapi juga memastikan terpenuhinya syarat fundamental keberhasilan model TGT, yaitu pembentukan kelompok heterogen yang berkualitas dan objektif.

2.2. *Learning Management System* (LMS)

LMS adalah sebuah platform perangkat lunak yang dirancang untuk mengelola, menyampaikan, dan memantau kegiatan pembelajaran secara daring [6]. Dalam konteks modern, LMS tidak hanya berfungsi sebagai repositori materi, tetapi juga sebagai ekosistem digital terintegrasi yang mendukung interaksi, administrasi, dan evaluasi. Seiring kemajuan kecerdasan buatan, LMS dapat dimanfaatkan sebagai platform untuk sistem pembelajaran adaptif yang mampu mempersonalisasi pengalaman belajar berdasarkan data pengguna [7].

2.3. *Profiling* Motivasi Siswa dengan *Clustering K-Means*

Clustering adalah teknik data mining dalam kategori *unsupervised learning* yang bertujuan mengelompokkan data berdasarkan kemiripan karakteristik. Algoritma *K-Means* merupakan salah satu metode *clustering* yang populer karena kesederhanaan dan efisiensinya dalam mempartisi data ke dalam K buah *cluster* yang telah ditentukan [8]. Fungsi utama dari *Clustering K-Means* dalam penelitian ini adalah sebagai tahap diagnosis untuk membentuk komponen tim (*teams*) yang merupakan pilar pertama dalam model TGT. Keberhasilan TGT sangat bergantung pada kualitas heterogenitas tim [5], namun proses manual untuk mencapainya

seringkali tidak objektif [1]. Algoritma *K-Means* mengatasi masalah ini dengan mengolah data skor motivasi siswa dari kuesioner ARCS menjadi profil yang terstruktur dan terukur [8]. Dengan mengelompokkan siswa ke dalam kluster motivasi (rendah, sedang, dan tinggi), sistem menyediakan landasan data yang objektif. Profil ini kemudian menjadi *input* krusial bagi tahap optimisasi untuk memastikan setiap tim yang akan berkompetisi dalam turnamen memiliki komposisi anggota yang beragam, sehingga memaksimalkan potensi terjadinya tutor sebaya.

2.4. Optimisasi Pembentukan Kelompok dengan Algoritma Genetika

Algoritma Genetika adalah metode pencarian dan optimisasi yang terinspirasi dari prinsip evolusi alam, seperti seleksi, persilangan (*crossover*), dan mutasi [9]. Algoritma ini sangat efektif untuk menyelesaikan masalah optimisasi kompleks dengan ruang pencarian solusi yang sangat besar, seperti pembentukan kelompok. Dalam konteks ini, setiap kemungkinan komposisi tim direpresentasikan sebagai "kromosom". Melalui proses evolusi selama beberapa generasi, algoritma akan mencari kromosom dengan "kebugaran" (*fitness*) tertinggi, yaitu komposisi tim yang paling seimbang dan heterogen berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Peran Algoritma Genetika adalah sebagai mesin optimisasi yang secara langsung memfasilitasi syarat fundamental TGT: pembentukan kelompok yang heterogen secara optimal. Setelah *K-Means* menghasilkan profil motivasi, Algoritma Genetika mengambil alih untuk mencari komposisi tim terbaik dari jutaan kemungkinan yang ada [9]. Fungsinya dalam TGT sangat spesifik: memastikan bahwa tim-tim yang akan bertanding dalam permainan (*games*) dan turnamen (*tournament*) memiliki kekuatan yang seimbang. Dengan merepresentasikan setiap kemungkinan set tim sebagai 'kromosom' dan mengevaluasinya menggunakan *fitness function* yang memaksimalkan heterogenitas, algoritma ini secara efisien menemukan susunan tim yang paling adil [13]. Dengan demikian, Algoritma Genetika berfungsi sebagai jembatan teknis yang mengubah data diagnostik menjadi struktur kelompok yang siap pakai, memastikan bahwa kompetisi dalam TGT berjalan secara sportif dan setiap siswa memiliki kesempatan yang sama untuk berkontribusi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development* atau R&D) dengan mengikuti model

pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Model ini dipilih karena pendekatannya yang sistematis dalam menghasilkan dan menguji efektivitas produk [10]. Untuk mengevaluasi produk, penelitian ini menerapkan pendekatan metode campuran (*mixed methods*) dengan desain konvergen, di mana data kuantitatif dan kualitatif dikumpulkan secara bersamaan, dianalisis terpisah, lalu digabungkan pada tahap interpretasi untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif [11].

Penelitian ini dibatasi pada implementasi sistem di satu kelas siswa SMK (35 orang) dalam satu pertemuan model *Teams Games Tournament* (TGT), dengan fokus utama pada otomatisasi pembentukan kelompok heterogen, tanpa mencakup analisis mendalam mengenai efektivitas *peer tutoring*. Secara teknis, *Learning Management System* (LMS) berbasis web (*React.js* dan *Django*) ini difokuskan pada fitur kuesioner motivasi (model ARCS, skala 1–5), pengolahan data profil menggunakan *K-Means Clustering* (K=3, ditentukan manual tanpa *Elbow Method*), serta optimisasi pembentukan kelompok menggunakan Algoritma Genetika (*library DEAP*) untuk memaksimalkan heterogenitas, dengan evaluasi sistem yang terbatas pada aspek fungsionalitas dan tanggapan pengguna. Dalam penelitian ini, parameter algoritma ditentukan dengan mempertimbangkan tujuan pedagogis dan efisiensi sistem. Jumlah kluster pada algoritma *K-Means* ditetapkan secara manual sebanyak K=3 dengan tujuan mengelompokkan siswa ke dalam kategori motivasi tinggi, sedang, dan rendah. Penentuan manual ini sejalan dengan pandangan bahwa dalam konteks pendidikan, jumlah kluster sering kali ditentukan berdasarkan kebutuhan praktis dan tujuan analisis, bukan semata-mata hasil evaluasi matematis. Pemilihan jumlah kluster dapat dilakukan secara purposif sesuai konteks penelitian [14], selain itu pentingnya mempertimbangkan tujuan pedagogis dalam analisis pembelajaran berbasis data [15]. Pembentukan kelompok heterogen dalam pembelajaran kooperatif harus mempertimbangkan keseimbangan motivasi dan kemampuan siswa agar tercapai efektivitas kolaborasi [16].

Sementara itu, pada algoritma genetika, jumlah 50 generasi dipilih sebagai batas iterasi evolusi untuk proses optimisasi pembentukan kelompok heterogen. Penetapan ini didasarkan pada pertimbangan keseimbangan antara kualitas solusi yang dihasilkan dan efisiensi komputasi sistem LMS, di mana jumlah generasi tersebut sudah cukup untuk mengeksplorasi kombinasi kelompok yang beragam tanpa menimbulkan beban komputasi berlebih. Jumlah generasi dalam algoritma genetika

perlu ditentukan secara moderat agar proses evolusi dapat mencapai konvergensi tanpa mengorbankan waktu komputasi, sehingga pemilihan 50 generasi dalam penelitian ini dianggap tepat untuk menghasilkan solusi optimal sekaligus praktis digunakan dalam konteks pendidikan [17].

Prosedur pengembangan produk LMS ini melalui lima tahapan utama. Tahap Analisis meliputi studi literatur dan studi lapangan (wawancara dengan guru dan siswa) untuk mengidentifikasi masalah dan kebutuhan pengguna. Tahap Desain berfokus pada perancangan arsitektur sistem, alur proses bisnis, antarmuka pengguna (*wireframe*), serta penyusunan instrumen penelitian. Pada tahap Pengembangan, seluruh rancangan diimplementasikan menjadi produk LMS fungsional menggunakan teknologi *React.js (frontend)* dan *Django (backend)*. Tahap Implementasi merupakan uji coba produk pada satu kelas yang terdiri dari 31 siswa, di mana sistem digunakan secara langsung dalam satu sesi pembelajaran dengan model TGT. Terakhir, tahap Evaluasi dilakukan untuk mengukur kelayakan produk melalui validasi ahli, kepraktisan melalui kuesioner *System Usability Scale (SUS)* yang diisi siswa, serta efektivitas fungsional sistem melalui analisis *output* algoritma.

Populasi penelitian adalah siswa di SMK Pasundan 1 Bandung, dengan sampel sebanyak 31 siswa dari kelas XI Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Instrumen yang digunakan untuk pengumpulan data meliputi kuesioner motivasi model ARCS sebagai *input* untuk sistem, lembar validasi ahli untuk mengukur kelayakan, dan kuesioner SUS untuk mengukur kepraktisan dari sisi pengguna.

Analisis data kuantitatif (skor validasi dan SUS) dilakukan menggunakan statistik deskriptif untuk menghasilkan persentase dan skor rata-rata. Sementara itu, data kualitatif (hasil wawancara dan catatan observasi lapangan) dianalisis secara deskriptif-naratif untuk memberikan konteks dan memperdalam interpretasi terhadap temuan kuantitatif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan hasil penelitian dan pengembangan *Learning Management System (LMS)* yang disusun berdasarkan tahapan model ADDIE, diikuti dengan pembahasan yang menginterpretasikan temuan-temuan kunci.

4.1. Hasil Tahap Analisis (*Analysis*)

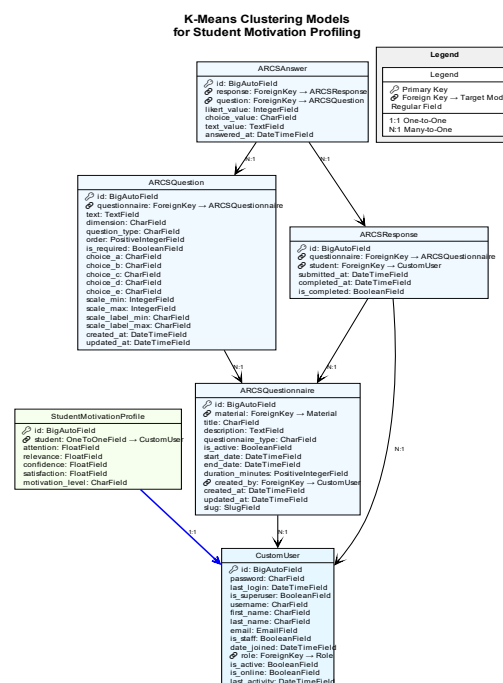
Pada tahap analisis, wawancara mendalam dengan guru dan siswa berhasil mengidentifikasi tiga kebutuhan utama yang menjadi landasan pengembangan.

Pertama, teridentifikasi adanya kebutuhan mendesak akan sebuah alat bantu yang objektif untuk membentuk kelompok belajar yang heterogen. Para guru mengemukakan bahwa proses pembentukan kelompok secara manual menjadi tantangan tersendiri akibat keberagaman karakteristik siswa. Proses manual yang mengandalkan intuisi ini dinilai seringkali subjektif, memakan waktu, dan tidak efektif dalam menciptakan komposisi kelompok yang seimbang secara optimal.

Kedua, perlunya strategi yang terstruktur untuk meningkatkan motivasi belajar siswa. Ditemukan bahwa motivasi siswa cenderung fluktuatif; ada siswa yang merasa sudah bisa sehingga meremehkan, dan ada yang tidak mau belajar sama sekali. Guru seringkali menggunakan gamifikasi spontan, seperti memberikan hadiah kecil, untuk membangkitkan motivasi. Temuan ini menunjukkan pentingnya sistem apresiasi yang terintegrasi untuk menjaga semangat belajar secara konsisten.

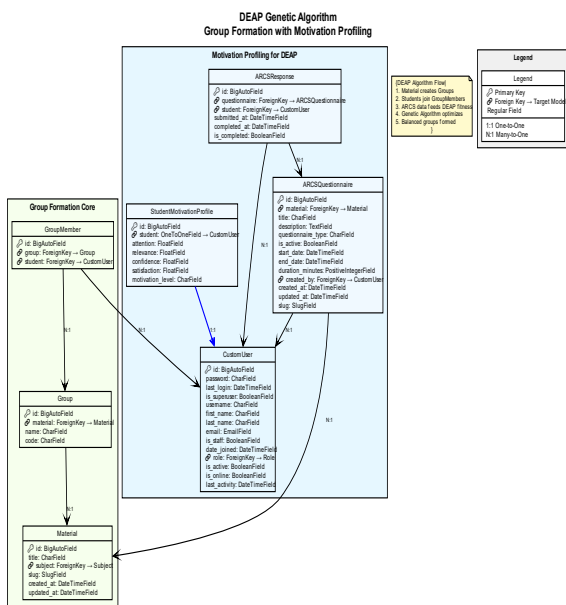
Ketiga, muncul kebutuhan mendesak untuk sebuah media pembelajaran yang terpadu (LMS). Para guru mengungkapkan bahwa penggunaan berbagai platform yang terpisah-pisah, seperti *PowerPoint* untuk presentasi dan *Canva* untuk desain, membuat proses belajar mengajar menjadi tidak efisien. Oleh karena itu, mereka menekankan pentingnya sebuah LMS yang dapat menyatukan dan mengelola seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran dalam satu wadah terpusat.

4.2. Hasil Tahap Desain (*Design*)



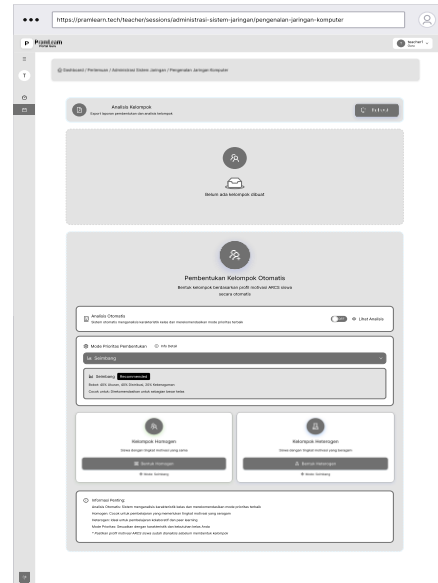
Gambar 1 Entity Relationship Diagram Proses Clustering

Diagram ini menggambarkan rancangan basis data yang digunakan untuk proses *profiling* motivasi siswa. Rancangan ini menunjukkan alur data yang terstruktur, dimulai saat seorang pengguna (*CustomUser*) memberikan respons (*ARCSResponse*) melalui serangkaian pertanyaan (*ARCSQuestion*) dalam sebuah kuesioner (*ARCSQuestionnaire*). Setiap jawaban spesifik disimpan sebagai *ARCSAnswer*. Data jawaban ini kemudian diolah oleh sistem, dan hasilnya berupa profil motivasi siswa disimpan dalam entitas *StudentMotivationProfile* yang terhubung kembali ke pengguna. Dengan demikian, diagram ini memastikan bahwa data, mulai dari *input* kuesioner hingga hasil akhir profil, dikelola secara sistematis.



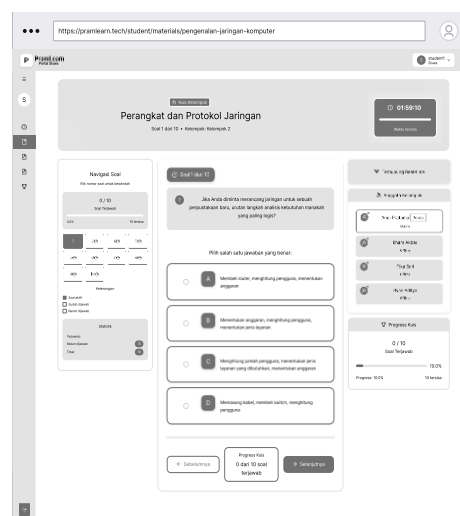
Gambar 2 Entity Relationship Diagram Proses Pengelompokan Algoritma Genetik DEAP

Diagram ini merinci rancangan basis data untuk fitur pembentukan kelompok otomatis. Proses ini menggunakan *StudentMotivationProfile*, yang merupakan hasil dari proses *clustering* pada Gambar 1, sebagai data masukan utama. Algoritma Genetika kemudian mengolah data profil tersebut untuk menghasilkan dua jenis data baru sebagai *output*: entitas *Group* yang merepresentasikan satu kelompok belajar yang telah terbentuk, dan entitas *GroupMember* yang mencatat siswa (*CustomUser*) mana saja yang menjadi anggota dari setiap kelompok. Secara singkat, diagram ini menggambarkan bagaimana sistem secara efektif mengubah data profil motivasi individual menjadi sebuah struktur kelompok belajar yang optimal dan menyimpannya ke dalam basis data.



Gambar 3 Wireframe Halaman Pembuatan Kelompok Otomatis untuk Guru

Gambar tersebut merupakan sketsa atau rancangan awal (*wireframe*) dari tampilan antarmuka yang akan dilihat oleh guru. Halaman ini dirancang sebagai pusat kendali untuk fitur pembentukan kelompok otomatis. Beberapa elemen kunci yang terlihat pada rancangan ini antara lain tombol aksi bagi guru untuk memulai proses, area khusus untuk menampilkan komposisi kelompok yang telah berhasil dibentuk oleh sistem, serta ruang untuk menampilkan statistik atau informasi pendukung lainnya. Tujuan utama dari rancangan ini adalah untuk memastikan antarmuka bagi guru mudah dipahami dan intuitif, sehingga fitur canggih ini dapat dioperasikan dengan mudah.



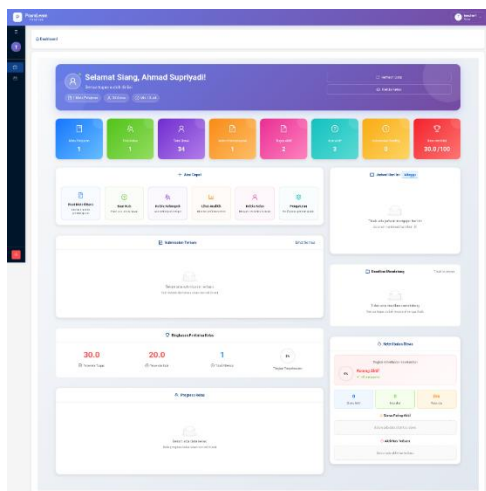
Gambar 4 Wireframe Halaman Pengerjaan Kuis Kolaboratif untuk Siswa

Gambar tersebut adalah rancangan antarmuka dari sudut pandang siswa saat mereka mengerjakan kuis secara berkelompok (kolaboratif), yang

dirancang untuk mendukung interaksi dalam model *Teams Games Tournament* (TGT). Elemen-elemen penting dalam *wireframe* ini meliputi area utama yang menampilkan pertanyaan dan pilihan jawaban, panel di sisi kanan yang berisi daftar soal, informasi waktu, dan anggota tim yang sedang *online*, serta tombol untuk beralih antar soal dan menyelesaikan kuis. Secara keseluruhan, rancangan ini bertujuan untuk menciptakan pengalaman mengerjakan kuis yang interaktif dan memfasilitasi komunikasi antar anggota tim selama sesi turnamen berlangsung.

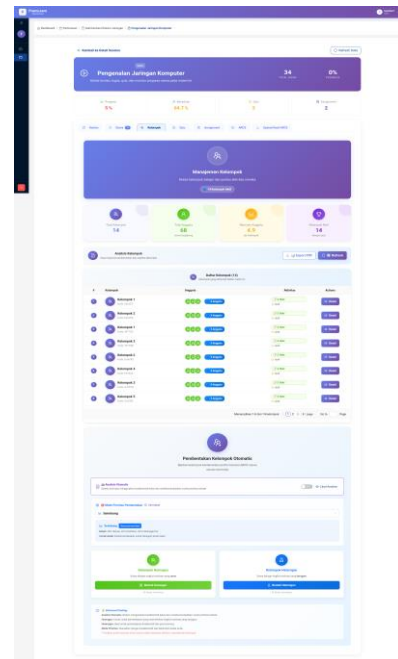
4.3. Hasil Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan berhasil mewujudkan seluruh rancangan dari tahap desain menjadi produk LMS fungsional berbasis web. Produk akhir ini dikembangkan dengan mengimplementasikan teknologi React.js untuk membangun antarmuka pengguna yang responsif dan interaktif. Sementara itu, sisi *backend* dibangun menggunakan *Django* untuk menangani logika bisnis, manajemen basis data, serta pemrosesan algoritma *K-Means* dan Genetika yang menjadi inti dari fungsionalitas cerdas sistem.



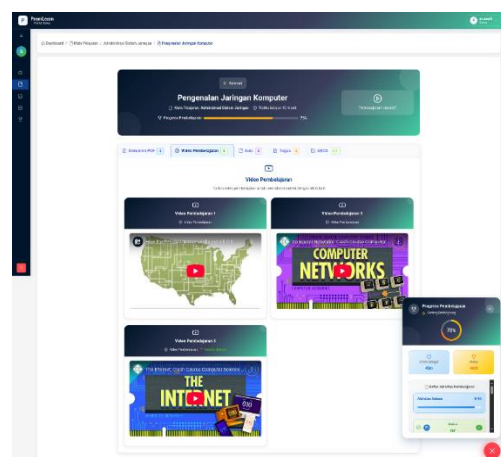
Gambar 5 Tampilan Halaman Dashboard Guru

Gambar tersebut menampilkan antarmuka pengguna (UI) akhir dari halaman *dashboard* guru. Halaman ini berfungsi sebagai pusat informasi utama yang menyajikan rangkuman aktivitas kelas, jadwal, dan notifikasi penting. Desainnya yang bersih dan terstruktur memberikan akses cepat ke berbagai fitur inti, seperti manajemen materi, kuis, dan pemantauan kemajuan siswa. Tampilan ini merupakan implementasi nyata dari konsep perancangan yang bertujuan memberikan kontrol penuh kepada guru dalam mengelola proses pembelajaran secara efisien.



Gambar 6 Tampilan Halaman Pembuatan Kelompok Otomatis

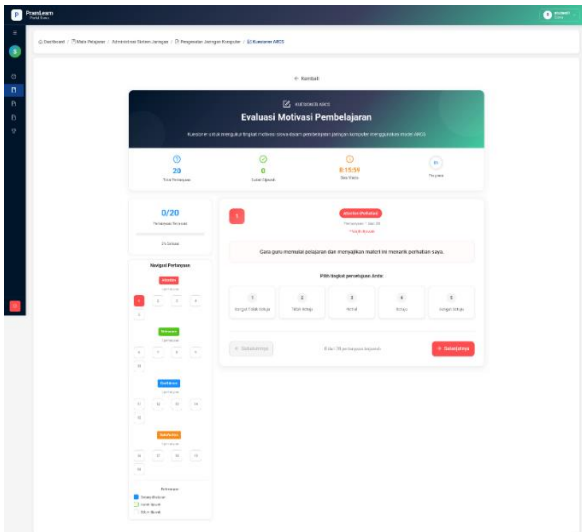
Gambar tersebut menunjukkan tampilan akhir dari fitur unggulan sistem, yaitu halaman pembuatan kelompok otomatis. Halaman ini menampilkan hasil akhir dari proses optimisasi yang dilakukan oleh Algoritma Genetika, di mana guru dapat melihat komposisi setiap kelompok yang telah dibentuk secara heterogen. Selain itu, halaman ini juga menyajikan visualisasi data dan statistik mengenai distribusi siswa berdasarkan kluster motivasi. Antarmuka ini dirancang untuk menyajikan informasi yang kompleks (hasil algoritma) dalam format yang jelas dan mudah dipahami oleh guru.



Gambar 7 Tampilan Halaman Materi untuk Siswa

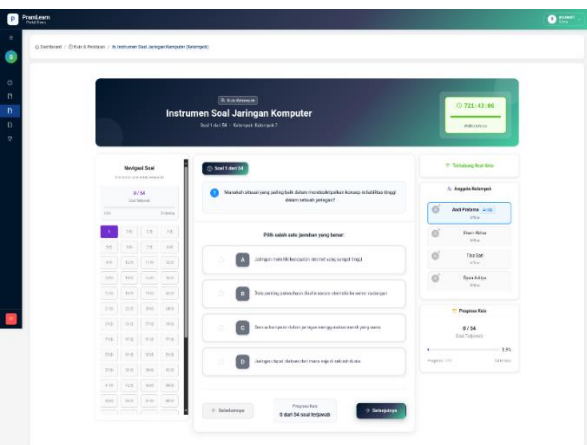
Gambar tersebut memperlihatkan antarmuka halaman materi dari sudut pandang siswa. Halaman ini dirancang untuk menyajikan konten pembelajaran dalam berbagai format, seperti modul teks dan video, secara menarik dan mudah diakses. Siswa dapat melihat kemajuan belajar mereka dan

menavigasi antar topik dengan mudah. Desain visual yang modern dan interaktif bertujuan untuk meningkatkan minat dan keterlibatan siswa dalam mempelajari materi yang disajikan.



Gambar 8 Tampilan Halaman Pengerjaan Kuesioner ARCS

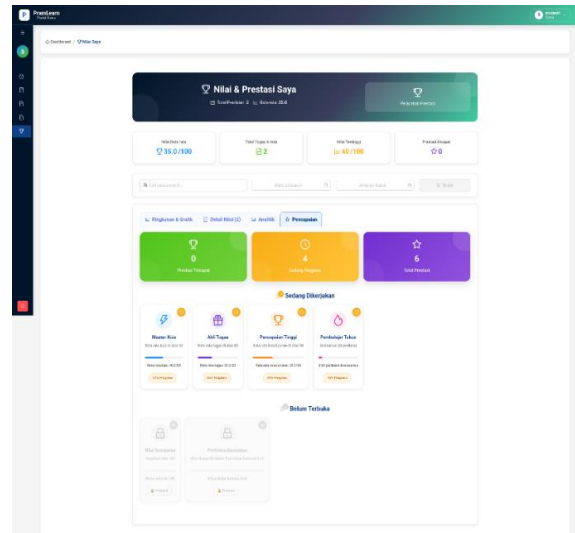
Gambar tersebut adalah tampilan antarmuka pengguna saat siswa mengisi kuesioner motivasi ARCS. Desainnya dibuat sederhana dan fokus, memastikan siswa dapat dengan mudah membaca setiap pernyataan dan memberikan respons pada skala yang tersedia tanpa distraksi. Proses pengisian kuesioner ini merupakan langkah awal yang krusial, karena data yang terkumpul dari halaman ini akan menjadi *input* utama bagi sistem untuk melakukan *profiling* motivasi siswa secara otomatis.



Gambar 9 Tampilan Halaman Pengerjaan Kuis Kolaboratif Siswa

Gambar tersebut merupakan implementasi akhir dari halaman pengerjaan kuis kolaboratif, yang menjadi inti dari aktivitas *Teams Games Tournament* (TGT). Antarmuka ini menyediakan semua elemen yang dibutuhkan untuk kerja sama tim, seperti tampilan soal, pilihan jawaban, penghitung waktu mundur, dan panel navigasi. Fitur

ini dirancang untuk mendukung interaksi *real-time* antar anggota tim, di mana setiap pilihan jawaban yang dibuat oleh satu anggota akan langsung terlihat oleh anggota lainnya, sehingga mendorong diskusi dan strategi bersama.



Gambar 10 Tampilan Halaman Pencapaian (Achievement) Siswa

Gambar tersebut menampilkan halaman pencapaian yang berfungsi sebagai elemen gamifikasi dalam LMS. Halaman ini menyajikan rekapitulasi nilai, prestasi, dan lencana (*badges*) digital yang telah diraih oleh siswa. Tujuannya adalah untuk memberikan penguatan positif dan meningkatkan motivasi ekstrinsik siswa dengan memberikan pengakuan atas usaha dan pencapaian mereka. Desain yang visual dan berorientasi pada penghargaan ini diharapkan dapat membuat pengalaman belajar menjadi lebih memuaskan dan mendorong semangat kompetisi yang sehat.

4.4. Hasil Tahap Implementasi (Implementation)

Tahap implementasi merupakan uji coba produk yang dilaksanakan pada 22 Juli 2025 dalam satu sesi pembelajaran TGT selama 135 menit. Uji coba ini melibatkan 31 siswa dari mata pelajaran Administrasi Infrastruktur Jaringan dengan materi Pengenalan Jaringan Komputer. Proses pembelajaran berjalan lancar, dimulai dari pengisian kuesioner ARCS oleh siswa, yang kemudian datanya diproses oleh sistem untuk membentuk 7 kelompok heterogen secara otomatis. Setelah kelompok terbentuk, siswa melanjutkan dengan diskusi materi dan pelaksanaan kuis kolaboratif. Observasi kualitatif selama implementasi menunjukkan tingkat penerimaan sistem yang tinggi dan kemudahan navigasi oleh siswa. Selain itu, dinamika tutor sebaya (*peer tutoring*) teramati muncul secara organik dalam beberapa kelompok yang dibentuk

sistem. Elemen gamifikasi seperti papan skor (*leaderboard*) yang diperbarui secara *real-time* juga terbukti efektif dalam meningkatkan antusiasme dan keterlibatan siswa selama sesi turnamen.

4.5. Hasil Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Evaluasi produk difokuskan pada tiga aspek utama: kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas fungsional.

4.5.1. Kelayakan dan Kepraktisan Produk

Evaluasi kelayakan oleh ahli media pembelajaran menghasilkan skor 96.8% dengan kategori "Sangat Layak", yang mengonfirmasi kualitas produk dari segi konten, desain, dan fungsionalitas. Sementara itu, evaluasi kepraktisan dari 31 siswa menggunakan *System Usability Scale* (SUS) menghasilkan skor rata-rata 88.1, yang termasuk dalam kategori "Excellent" (Sangat Baik). Hasil ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya valid secara konseptual tetapi juga sangat mudah digunakan dan diterima dengan baik oleh pengguna akhir.

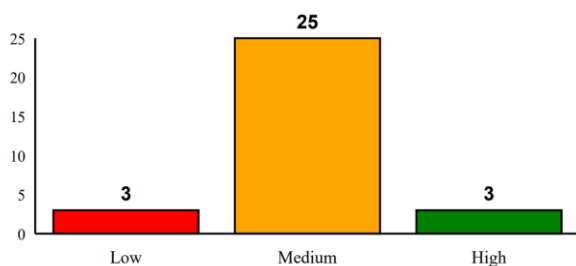
4.5.2. Efektivitas Fungsional Sistem

Evaluasi ini memverifikasi keberhasilan mekanisme cerdas dua tahap yang menjadi inti dari LMS.

Tahap 1: Verifikasi Proses *Profiling* Motivasi dengan *K-Means Clustering*

Sistem terbukti berhasil mengolah data skor kuesioner ARCS dari 31 siswa yang datanya lengkap secara otomatis. Algoritma *K-Means* kemudian mempartisi data tersebut ke dalam tiga kluster motivasi yang berbeda: Tinggi (3 siswa), Sedang (25 siswa), dan Rendah (3 siswa), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Distribusi Siswa per Cluster



Gambar 11 Diagram Batang Distribusi Siswa per Cluster

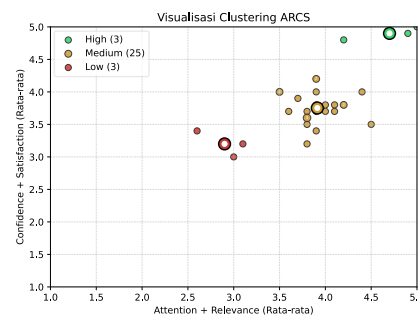
Analisis lebih lanjut terhadap profil setiap kluster (Tabel 1) memberikan wawasan diagnostik yang berharga. Kluster "Motivasi Tinggi" menunjukkan skor yang unggul di semua dimensi, terutama pada *Confidence* (4.87) dan *Satisfaction* (4.93). Sebaliknya, kluster "Motivasi Rendah" secara konsisten menunjukkan skor terendah di keempat dimensi. Menariknya, kluster "Motivasi Sedang" memiliki skor *Relevance* (4.02) yang lebih

tinggi dibandingkan skor *Confidence* (3.60) mereka, yang mengindikasikan bahwa kelompok siswa terbesar ini memahami relevansi materi namun mungkin kurang percaya diri. Temuan ini membuktikan kemampuan sistem dalam memberikan pemahaman mendalam mengenai karakteristik siswa yang dapat ditindaklanjuti secara pedagogis. Visualisasi hasil *clustering* pada *scatter plot* (Gambar 12) mengonfirmasi bahwa ketiga kluster membentuk kelompok yang cenderung terpisah berdasarkan dimensi motivasi, memvalidasi keberhasilan proses segmentasi.

Tabel 1 Analisis Profil Centroid Aktual per Dimensi ARCS

No	Kluster Motivasi	Rata-rata Attention	Rata-rata Relevance	Rata-rata Confidence	Rata-rata Satisfaction
0.	Tinggi	4.73	4.67	4.87	4.93
1.	Sedang	3.81	4.02	3.60	3.90
2.	Rendah	2.80	3.00	3.13	3.27

Tabel tersebut menyajikan analisis diagnostik yang lebih mendalam dari hasil *clustering*. *Centroid* adalah nilai rata-rata yang merepresentasikan karakteristik setiap kluster (Tinggi, Sedang, Rendah). Tabel ini memecah nilai rata-rata tersebut ke dalam empat dimensi motivasi ARCS: *Attention* (Perhatian), *Relevance* (Relevansi), *Confidence* (Kepercayaan Diri), dan *Satisfaction* (Kepuasan). Dengan melihat data ini, guru dapat memahami profil spesifik setiap kelompok. Sebagai contoh, temuan bahwa kluster "Motivasi Sedang" memiliki skor *Relevance* yang tinggi namun skor *Confidence* yang lebih rendah memberikan wawasan berharga bahwa kelompok siswa terbesar ini memahami pentingnya materi, tetapi mungkin kurang percaya diri.



Gambar 12 Scatter Plot Hasil Akhir Klasifikasi Siswa

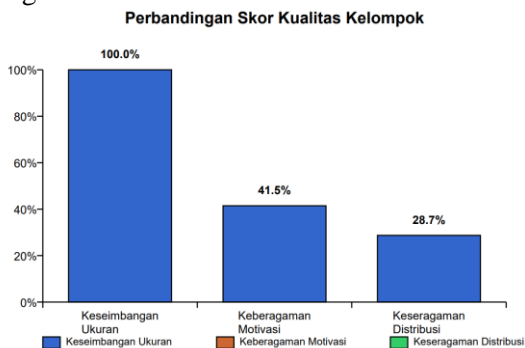
Gambar tersebut adalah visualisasi data dari hasil proses *clustering*. Setiap titik pada grafik merepresentasikan seorang siswa, yang dipetakan

berdasarkan skor motivasinya. Sumbu horizontal mewakili gabungan skor *Attention* dan *Relevance*, sementara sumbu vertikal mewakili gabungan skor *Confidence* dan *Satisfaction*. Titik-titik besar dengan garis tepi tebal adalah *centroid* atau pusat dari masing-masing klaster. Visualisasi ini secara efektif menunjukkan bagaimana siswa dikelompokkan: titik-titik dengan warna yang sama (misalnya, hijau untuk motivasi tinggi) cenderung berkumpul di area yang sama dan terpisah dari kelompok warna lain. Ini menjadi bukti visual bahwa algoritma berhasil mengidentifikasi dan memisahkan kelompok-kelompok siswa yang berbeda berdasarkan profil motivasi mereka.

Tahap 2: Verifikasi Proses Optimisasi Kelompok dengan Algoritma Genetika

Dengan menggunakan profil motivasi sebagai *input*, Algoritma Genetika (menggunakan *framework* DEAP) menjalankan proses evolusi selama 50 generasi untuk menemukan komposisi tim yang paling optimal untuk 7 kelompok. Kualitas kelompok dievaluasi menggunakan *fitness function* yang mengukur tiga kriteria: keseimbangan ukuran, keberagaman motivasi, dan keseragaman distribusi.

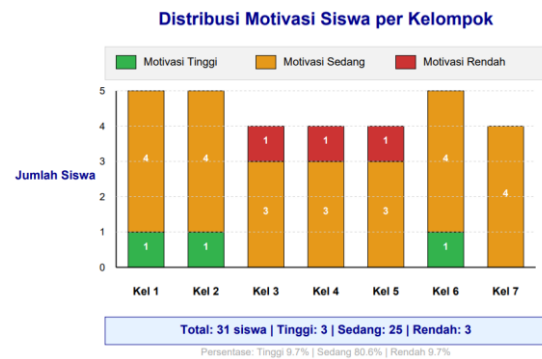
Hasil akhir menunjukkan kualitas yang bervariasi. Sistem berhasil mencapai skor sempurna 100% pada aspek Keseimbangan Ukuran, yang berarti setiap kelompok memiliki jumlah anggota yang sangat seimbang (tiga kelompok beranggotakan 5 siswa dan empat kelompok beranggotakan 4 siswa). Namun, skor untuk Keberagaman Motivasi (41.5%) dan Keseragaman Distribusi (28.7%) lebih rendah. Hal ini mengindikasikan adanya tantangan dalam menyebarkan siswa dengan tingkat motivasi yang berbeda secara merata, terutama karena komposisi siswa yang sangat didominasi oleh klaster motivasi sedang.



Gambar 13 Grafik Perbandingan Skor Kualitas Kelompok

Analisis lebih dalam terhadap komposisi internal setiap kelompok (Gambar 14) menunjukkan bahwa algoritma kesulitan membentuk kelompok yang ideal karena distribusi motivasi siswa yang

tidak merata (3 Tinggi, 25 Sedang, 3 Rendah). Algoritma menghasilkan tiga pola distribusi utama:



Gambar 14 Distribusi Motivasi Siswa per Kelompok

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun algoritma genetika sangat efektif dalam menyelesaikan masalah optimisasi seperti keseimbangan ukuran, efektivitasnya dalam menciptakan heterogenitas sangat bergantung pada hasil *clustering*. Sistem mampu merancang tim yang seimbang secara jumlah, namun kondisi ideal untuk tutor sebaya yang sepenuhnya heterogen sulit tercapai akibat mayoritas siswa berada di klaster motivasi sedang.

4.6. Pembahasan

Hasil penelitian dan pengembangan menunjukkan bahwa LMS yang dirancang berhasil menjawab tantangan praktis dalam implementasi model pembelajaran kooperatif seperti TGT. Inovasi utama sistem ini terletak pada efektivitas fungsional mekanisme cerdas dua tahapnya, yang mengombinasikan *profiling* motivasi siswa dengan optimisasi pembentukan kelompok.

Pada tahap pertamanya, sistem ini menggunakan algoritma *K-Means Clustering* yang berfungsi seperti alat diagnosis. Alat ini berhasil memetakan 31 siswa ke dalam tiga kelompok motivasi yang berbeda: Tinggi, Sedang, dan Rendah. Namun, kemampuannya lebih dari sekadar mengelompokkan. Sistem ini juga memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang ciri khas setiap kelompok. Sebagai contoh, ditemukan bahwa kelompok "Motivasi Sedang" yang merupakan kelompok terbesar sebenarnya mengerti mengapa materi pelajaran itu penting, tetapi mereka kurang percaya diri. Informasi seperti ini sangat bermanfaat bagi guru untuk merancang strategi mengajar yang tepat, dan merupakan wawasan yang sulit diperoleh hanya dengan pengamatan biasa di kelas. Ini menunjukkan bagaimana sistem mengubah cara penilaian siswa, dari yang sebelumnya bersifat perkiraan (subjektif) menjadi sebuah proses yang lebih pasti dan berdasarkan data (objektif).

Pada tahap kedua, implementasi Algoritma Genetika untuk optimisasi kelompok menyoroti kekuatan sekaligus batasan dari pendekatan komputasi. Algoritma ini menunjukkan kinerja sempurna (skor 100%) dalam menyelesaikan tugas optimisasi struktural, yaitu menyeimbangkan ukuran anggota setiap kelompok. Namun, efektivitasnya dalam menciptakan keberagaman motivasi (skor 41.5%) lebih terbatas. Analisis lebih lanjut mengungkap bahwa keterbatasan ini bukan disebabkan oleh kelemahan algoritma, melainkan oleh realitas data di lapangan: dengan 80.6% siswa berada di klaster "Motivasi Sedang", ruang untuk menciptakan heterogenitas yang ideal secara inheren menjadi sempit. Algoritma secara cerdas telah menemukan solusi terbaik yang mungkin dengan membentuk pola-pola distribusi yang logis, namun tidak dapat mengatasi kendala dari komposisi populasi siswa yang tidak seimbang.

Secara keseluruhan, temuan ini memberikan dua implikasi penting. Pertama, kombinasi *K-Means* sebagai alat diagnostik dan Algoritma Genetika sebagai alat optimisasi merupakan solusi yang valid dan efisien untuk mengotomatisasi pembentukan kelompok, menghemat waktu guru, dan meningkatkan objektivitas. Kedua, penelitian ini menggarisbawahi bahwa kualitas hasil dari sistem cerdas sangat bergantung pada hasil *clustering*. Kondisi ideal untuk tutor sebaya yang heterogen hanya dapat tercapai jika terdapat keragaman yang cukup dalam populasi siswa itu sendiri. Dengan demikian, LMS ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pembentuk kelompok, tetapi juga sebagai cermin yang merefleksikan profil motivasi kelas secara keseluruhan, memberikan landasan data bagi guru untuk intervensi pedagogis yang lebih luas.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah *Learning Management System* (LMS) yang valid dan praktis untuk mengotomatisasi pembentukan kelompok belajar heterogen dalam model pembelajaran *Teams Games Tournament* (TGT). Secara umum, sistem yang dikembangkan terbukti sangat layak digunakan dengan skor validasi ahli sebesar 96,8% dan memiliki tingkat usability yang sangat baik (skor SUS 88,1), menunjukkan bahwa LMS ini mudah diterima oleh pengguna akhir baik guru maupun siswa. Dari segi fungsionalitas, mekanisme dua tahap yang diusulkan bekerja secara efektif di mana Algoritma *K-Means* berhasil melakukan *profiling* motivasi siswa secara objektif, dan Algoritma Genetika mampu mengoptimalkan pembentukan kelompok dengan keseimbangan

ukuran tim yang sempurna, meskipun tingkat heterogenitas motivasi yang dicapai sangat bergantung pada variasi data populasi siswa yang ada. Sistem ini memberikan solusi konkret atas subjektivitas dan inefisiensi waktu yang sering dialami guru dalam pembentukan kelompok manual, serta menyediakan wawasan diagnostik mengenai profil motivasi kelas yang berguna untuk intervensi pedagogis lebih lanjut.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan, terdapat beberapa rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Pertama, disarankan untuk mengeksplorasi metode penentuan nilai awal *centroid* yang lebih adaptif pada *K-Means* atau menerapkan algoritma *hybrid* lain guna meningkatkan akurasi *clustering* pada *dataset* yang tidak seimbang (*imbalanced data*). Kedua, pengembangan LMS masa depan sebaiknya mengintegrasikan fitur *peer assessment* atau penilaian rekan sejawat secara *real-time* untuk memantau efektivitas kolaborasi dalam kelompok yang telah dibentuk. Terakhir, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan melibatkan populasi yang lebih besar dan beragam, serta melakukan analisis dampak penggunaan sistem terhadap hasil belajar kognitif siswa secara jangka panjang untuk mengukur efektivitas pedagogis secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. G. Lechuga and S. Doroudi, "Three algorithms for grouping students: A bridge between personalized tutoring system data and classroom pedagogy," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 33, pp. 843–884, 2022.
- [2] E. L. Baker *et al.*, "Problems with the use of student test scores to evaluate teachers," Economic Policy Institute, Briefing Paper #278, 2010.
- [3] N. Hidayati, M. Salabi, and I. K. A. Palgunaldi, "Penerapan model pembelajaran kooperatif tipe TGT dalam pembelajaran penjas untuk meningkatkan kerjasama peserta didik siswa kelas X SMA NW Kopang Lombok Tengah tahun 2023," *Gelora: Jurnal Pendidikan Olahraga dan Kesehatan IKIP Mataram*, vol. 11, no. 1, pp. 44–51, 2024.

- [4] R. E. Slavin, *Cooperative Learning: Theory, Research, and Practice*. Boston, MA: Allyn and Bacon, 2009.
- [5] R. S. Pratimi and B. A. Febriana, "The effect of the Teams Games Tournament (TGT) type cooperative learning model using crossword puzzle media on chemistry learning outcomes," *MANGANITE Journal of Chemistry and Education*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2025.
- [6] S. Joshi and P. J. Pramod, "A collaborative metaverse based a-la-carte framework for tertiary education (CO-MATE)," *Heliyon*, vol. 9, no. 2, Art. no. e13424, 2023.
- [7] B. C. C. Cabrera et al., "Artificial Intelligence (AI) and Learning Management Systems (LMS): A bibliometric analysis," *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, vol. 9, no. 1, Art. no. 8029, 2025.
- [8] Masruriyah et al., "Penerapan Algoritma K-Means untuk Clustering Minat Siswa terhadap Mata Pelajaran IPA," *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, vol. 6, no. 1, pp. 123–130, 2024.
- [9] M. Mitchell, *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.
- [10] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2023.
- [11] J. W. Creswell and V. L. P. Clark, *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2018.
- [12] E. R. Yu, II et al., "Student Information System for Computer Studies with Integrated Programming Anxiety Level Prediction and Balanced Group Recommendations," *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, vol. 14, no. 3, pp. 572–579, 2025.
- [13] A. Krouska and M. Virvou, "An enhanced genetic algorithm for heterogeneous group formation based on multi-characteristics in social networking-based learning," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 13, no. 1, pp. 163–173, 2019.
- [14] D. J. Ketchen Jr. and C. L. Shook, "The application of cluster analysis in strategic management research: An analysis and critique," *Strategic Management Journal*, vol. 17, no. 6, pp. 441–458, 1996.
- [15] D. Gašević, S. Dawson, and G. Siemens, "Let's not forget: Learning analytics are about learning," *TechTrends*, vol. 59, no. 1, pp. 64–71, 2015, doi: 10.1007/s11528-014-0822-x.
- [16] R. E. Slavin, "Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know," *Contemporary Educational Psychology*, vol. 21, no. 1, pp. 43–69, 1996, doi: 10.1006/ceps.1996.0004.
- [17] E. Martiana, "Bab 7 Algoritma Genetika," 2011. [Online]. Available: <http://entin.lecturer.pens.ac.id/Kecerdasan%20Buatan/Buku/Bab%207%20Algoritma%20Genetika.pdf>. [Accessed: August. 24, 2025]