

FORMASI PENGELOMPOKAN SISWA PADA ALAT KOLABORASI PENDIDIKAN PERANGKAT LUNAK: KOMPOSISI ULANG TIM PROYEK BERBASIS ALGORITMA GENETIKA

STUDENT GROUP FORMATION ON COLLABORATIVE SOFTWARE ENGINEERING EDUCATION: RE-COMPOSITION OF PROJECT TEAM BASED ON THE GENETIC ALGORITHM

Danang Wahyu Utomo*¹, Egia Rosi Subhiyakto¹, Defri Kurniawan¹

*Email: danang.wu@dsn.dinus.ac.id

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang

Abstrak— Proyek perangkat lunak adalah proyek yang melibatkan kelompok mahasiswa dalam menyelesaikan tugas mini proyek. Dalam kasus ini, mini proyek dibagi dalam sub-tugas di tiap sesi pertemuan. Hal ini ditujukan untuk melatih kemampuan kolaborasi mahasiswa pemula dalam tim proyek. Permasalahan yang ditemukan adalah banyak mahasiswa yang menghindari tugas kelompok, atau memilih kelompok berdasarkan komunitas grup bermain, atau grup sosial media. Kami mengusulkan algoritma genetika dan komposisi ulang pembentukan tim proyek untuk melatih kemampuan kolaborasi mahasiswa, mandiri, dan tanggung jawab. Algoritma genetika ditujukan untuk menentukan komposisi tim proyek secara dinamis. Komposisi ulang tim secara dinamis dapat melatih kemampuan kolaborasi mahasiswa. Penelitian ini dilakukan dengan dua sesi eksperimen: sesi pertama menggunakan *random-select* dan sesi kedua menggunakan algoritma genetika dan komposisi ulang tim proyek. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa komposisi ulang dengan algoritma genetika mampu menghasilkan solusi optimal dalam formasi tim dengan skala *error* (RMSE) tiap pertemuan adalah 0. Selain itu, level komposisi tim berimbang dengan level kompetensi kelas, rata-rata nilai mahasiswa meningkat tiap sesi eksperimen. Adanya komposisi ulang tim proyek mampu melatih mahasiswa dalam berkolaborasi dengan mahasiswa lain.

Kata kunci — formasi kelompok, algoritma genetika, *collaborative learning*, rekayasa perangkat lunak.

Abstract— *Software engineering project course is a project that involves a group of students in completing a mini-project task. In this case, the mini-project is divided into sub-task in each meeting session. It aims to train the collaboration skills of novice students in project teams. The problem is that many students avoid group assignments, or choose their group based on playmate community, or social media group. We propose a genetic algorithm and recomposing group formation to train students in collaboration skills, independence, and responsibility. The genetic algorithm is aimed at determining the composition of the. Re-composition of the project team can train students' collaboration skills. In this study, we do two sessions of the experiment: the first session use random-select, and the second uses a genetic algorithm and recomposing group formation. The result shows that recomposing group formation using a genetic algorithm can generate an optimal solution in team formation with an error scale (RMSE) for each meeting is 0. In addition, the level of group formation is balanced with the level of class competency, the average student mark improved in each experiment session. The Recomposing project team can train students in collaborating with other students.*

Keywords — *group formation, genetic algorithm, collaborative learning, software engineering.*

I. PENDAHULUAN

Proyek perangkat lunak merupakan salah satu matakuliah pendukung bidang kajian Rekayasa Perangkat Lunak pada Universitas Dian Nuswantoro. Matakuliah proyek perangkat lunak ditujukan khusus

bagi mahasiswa bidang Rekayasa Perangkat Lunak guna mendukung pengembangan proyek mahasiswa dalam sebuah perancangan program atau aplikasi. Mahasiswa diharapkan mampu menggunakan dan menerapkan alat dan bahan dalam proyek perangkat

lunak serta mampu melakukan kolaborasi efektif dengan timnya [1].

Salah satu capaian pembelajaran pada matakuliah proyek perangkat lunak adalah mahasiswa menguasai dan terlibat dalam proyek perangkat lunak mulai dari tahap perencanaan, analisis perancangan, pengembangan, dan pengujian. Selain itu, mahasiswa juga diharapkan mampu memimpin dan bekerja dalam tim, mandiri dan bertanggung jawab terhadap tugas dalam proyek perangkat lunak. Bagi mahasiswa pemula (level strata-1), kolaborasi tim proyek dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam komunikasi efektif, mandiri dan tanggung jawab dalam proyek [2].

Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam proyek perangkat lunak adalah pembentukan kelompok proyek. Beberapa penelitian menyatakan bahwa permasalahan dalam pembentukan kelompok adalah sebagai berikut: kelompok dibentuk berdasarkan komunitas atau kelompok belajar menyebabkan ketidakseimbangan kelompok [3]; permasalahan komunikasi dan komitmen antar anggota[4]; kurangnya koordinasi tim [5]. Salah satu penyebab utama permasalahan tersebut adalah adanya gap antar anggota. Gap tersebut muncul karena adanya perbedaan komposisi tim berdasarkan pengalaman dan kemampuan pengetahuan dari masing-masing anggota tim main [6]. Bagi anggota pemula, enggan untuk koordinasi dengan senior karena merasa tidak mampu mengimbangi pemahaman dan kemampuan dari seniornya. Bagi anggota senior, mampu mengerjakan semua tugas proyek tanpa koordinasi dengan juniornya. Dalam kasus lain, kelompok tim dibentuk berdasarkan *siswa-rajin* atau *siswa-malas*. Adanya *homogenitas* dalam komposisi tim juga menjadikan gap dalam tim. Adanya gap dalam tim proyek tersebut dapat menyebabkan gagalnya proyek pengembangan perangkat lunak.

Pendekatan atau solusi yang relevan dalam mengatasi permasalahan di atas adalah formasi kelompok dinamis. Formasi kelompok dinamis adalah pendekatan dalam pembentukan kelompok guna mencapai koordinasi dan kolaborasi antar anggota tim [7]. Pada proyek perangkat lunak, pembentukan formasi tim ditentukan oleh *instructor*. Formasi kelompok yang dibentuk oleh *instructor* biasanya berdasarkan *random-select* [2]. Bagi pemula, formasi kelompok *random-select* tidak dapat mendukung kerja kolaborasi antar tim. Mahasiswa pemula lebih memilih kerja individu karena kurangnya kemampuan komunikasi dengan

anggota tim lain. Pada tahun 2015, kami telah mengusulkan pengembangan alat kolaborasi untuk mahasiswa pemula dalam pendidikan perangkat lunak [8]. Alat kolaborasi yang dikembangkan telah memenuhi syarat dalam menunjang pembelajaran kolaborasi Pendidikan Rekayasa Perangkat Lunak terutama dalam implementasinya pada masa *pandemic covid-19*. Alat kolaborasi mampu menunjang pembelajaran secara daring (*online*). Hanya saja, kelemahannya adalah alat kolaborasi belum dilengkapi dengan regulasi pembentukan tim proyek perangkat lunak. Komposisi tim proyek masih berdasarkan pembentukan *random-select* (acak).

Berdasarkan permasalahan di atas, kami mengusulkan komposisi ulang pembentukan formasi kelompok dinamis dalam alat kolaborasi. Adanya pembentukan kelompok secara dinamis dapat melatih kemampuan mahasiswa, mandiri dan tanggung jawab dalam tim. Karena, mahasiswa pemula akan berkelompok dengan siapapun dalam tugas proyek yang berbeda. Sebagai contoh, pada tugas pertama, mahasiswa A masuk dalam kelompok 1, pada tugas selanjutnya, mahasiswa A masuk dalam kelompok 2 dengan anggota yang berbeda. Adanya pembentukan kelompok secara *heterogenitas* mampu melatih kemampuan mahasiswa dalam kolaborasi dan koordinasi [6]. Tujuan dari penelitian adalah membentuk kelompok secara dinamis dalam setiap tugas yang berbeda dalam proyek perangkat lunak guna mengurangi gap (jarak) antar mahasiswa pemula.

Beberapa teknik komputasi diusulkan untuk memberikan solusi yang optimal dalam pembentukan tim proyek yaitu: algoritma genetika [9] [10]; *ant colony optimization* [11] [12]; *particle swarm optimization* [13]; *integer linear programming* [14]. Pada penelitian ini menerapkan algoritma genetika dalam mengoptimalkan pemilihan anggota tim secara dinamis. Algoritma genetika diusulkan untuk mengatasi permasalahan pada alat kolaborasi sebelumnya yaitu tidak seimbang komposisi tim proyek karena dibentuk secara *random-select* (acak). Adanya pengaturan inialisasi populasi, penghitungan nilai fitness untuk mencari komposisi tim terbaik, dan proses seleksi, *crossover*, dan mutasi dapat menciptakan populasi baru yang lebih optimal dari komposisi sebelumnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Formasi Kelompok Dinamis

Pembentukan kelompok belajar penting bagi mahasiswa pemula dalam meningkatkan kemampuan berkolaborasi, koordinasi, dan komunikasi dalam tim. Pembelajaran kolaborasi penting bagi mahasiswa guna meningkatkan kemampuan dalam aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik [15]. Pada masa pandemi *covid-19*, pembelajaran dilaksanakan secara daring (*online*). Hal ini menjadi tantangan baru dalam menyelenggarakan pembelajaran dengan model kelompok. Noguera dkk [4] menyatakan bahwa pembelajaran kelompok dalam aplikasi daring menyebabkan mahasiswa frustrasi dan kurang efektifnya komitmen dalam tim. Dari studi literatur telah diperoleh bahwa telah banyak diusulkan pendekatan, model, *framework*, teknik, maupun komputasi algoritma dalam meningkatkan komposisi tim dalam pembelajaran daring [15].

Pada pembelajaran proyek perangkat lunak, mayoritas tugas diselenggarakan dalam bentuk tugas kelompok. Pembentukan kelompok belajar melibatkan instructor dalam menentukan komposisi kelompok. Secara umum, kelompok terbagi dalam tiga jenis: heterogenitas, homogenitas, dan *mixed*. Pada proyek perangkat lunak, pembentukan komposisi tim dibentuk dengan jenis heterogenitas karena komposisi tim membutuhkan anggota dengan kemampuan analisis, desain, programmer, dan penguji. Apeanti [16] menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek merupakan tugas kompleks yang melibatkan kelompok mahasiswa siswa sebagai tim proyek dengan komposisi tim: mahasiswa yang menguasai desain, pemecahan masalah, pembuat keputusan, dan investigasi masalah. Adanya pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir (*higher order thinking skill*), kemampuan berkolaborasi, komunikasi, mandiri, dan tanggung jawab.

B. Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma pencarian heuristik yang mampu menyelesaikan permasalahan kombinatorial. Algoritma genetika dapat digunakan sebagai solusi pencarian dan optimasi dengan menerapkan seleksi alam dan genetika [17]. Ciptayani [18] menggunakan algoritma genetika sebagai penentuan solusi optimal dalam permasalahan kombinasi.

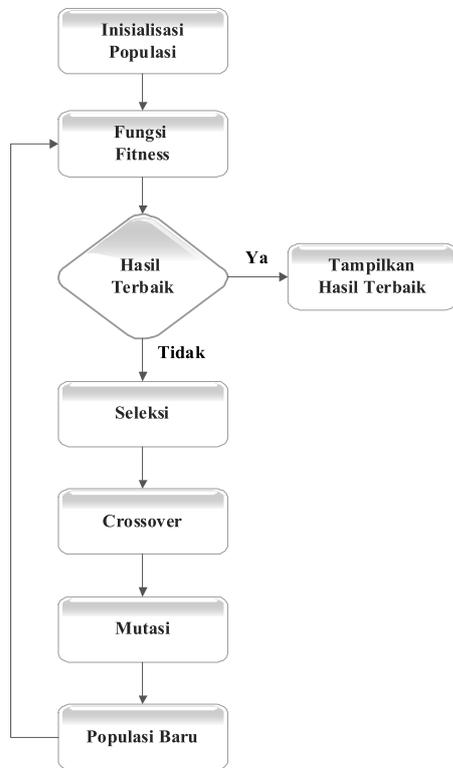
Beberapa penelitian menerapkan algoritma genetika pada pembentukan formasi kelompok

mahasiswa: implementasi algoritma genetika pada heterogenitas kelompok siswa [19]; algoritma genetika sebagai prediksi performa siswa [20]; algoritma genetika dalam pengelompokan berbasis sosial [21]. Berdasarkan implementasi diatas, algoritma genetika mencari solusi optimal dari kombinasi pengelompokan individu dengan menerapkan serangkaian operator seperti pengaturan *crossover*, mutasi gen dan kalkulasi nilai *fitness*. Iterasi dari serangkaian operator dapat menemukan solusi optimal menghasilkan populasi baru.

Pada pembentukan formasi tim proyek siswa, komposisi kelompok tidak cocok dibentuk menggunakan *self-select* atau *random* (acak) karena ada kemungkinan komposisi tim tidak berimbang. Keseimbangan komposisi tim dapat dibentuk secara heterogenitas dengan berbasis kriteria seperti: ranking siswa; minat siswa; model belajar dan/atau hasil evaluasi. Pada penelitian lain mengusulkan komputasi algoritma untuk memenuhi pembentukan komposisi kelompok berbasis kriteria. Zheng [17] menggunakan algoritma genetika sebagai solusi optimal dalam pembentukan variasi kelompok berdasarkan kebutuhan yang ditentukan. Garshashi [22] menggunakan algoritma genetika dalam optimasi pembentukan kelompok dengan kriteria multi-objektif. Pada tahap eksperimen, kriteria multi-objektif menghasilkan optimasi yang lebih baik dibandingkan kriteria objektif tunggal. Proses eksperimen didukung dengan pengaturan operator seleksi dan penyortiran dari berbagai karakteristik.

Pada pembentukan tim proyek perangkat lunak, komposisi tim ditentukan dengan komposisi karakteristik: analisis, desain, pemrograman dan pengujian. Inisialisasi populasi dikembangkan dari individu-individu atau yang disebut kromosom. pada kasus ini, kromosom merupakan kelompok mahasiswa yang dapat diubah komposisinya. Kromosom-kromosom akan diseleksi untuk menentukan kromosom baru. Hasil dari kromosom baru atau terbaik tersebut akan membentuk populasi baru atau yang disebut *offspring*.

III. METODE PENELITIAN



Gambar-1. Diagram Alir Algoritma Genetika

Implementasi algoritma genetika pada pembentukan formasi tim proyek perangkat lunak dirumuskan sesuai tahapan pada Gambar-1 yaitu: inisialisasi populasi, penghitungan nilai *fitness*, seleksi, *crossover*, mutasi, dan pembentukan populasi baru. Pembentukan populasi baru ditentukan berdasarkan hasil terbaik dari nilai *fitness*.

A. Inisialisasi Populasi

Tim 1	Tim 2	Tim 3	Tim 4	Tim 5	Tim 6
1 ... 6	7 ... 12	13 ... 18	19 ... 24	25 ... 30	31 ... 36

Gambar-2 Skema *Encoding* – Inisial Populasi

Pembentukan kelompok belajar melibatkan mahasiswa semester 6 dengan jumlah 36 mahasiswa. Mahasiswa akan dikelompokkan ke dalam 6 tim proyek. Sebagai inisialiasi awal, mahasiswa akan di kelompokkan secara *self-select* yaitu kelompok dibentuk secara acak oleh mahasiswa. Mahasiswa dialokasikan ke tim proyek dengan pengaturan setiap mahasiswa hanya dapat menempati satu posisi dalam formasi kelompok tersebut. Jika satu kelas terdapat 36 mahasiswa dengan alokasi 6 tim proyek, maka

satu tim proyek terdapat enam mahasiswa yang berbeda. Sebagai contoh tim pertama berisi mahasiswa 1-6, tim kedua berisi mahasiswa 7-12, tim ketiga berisi mahasiswa 13-18, tim keempat berisi mahasiswa 19-24, tim kelima berisi mahasiswa 25-30 dan tim keenam berisi mahasiswa 31-36. Pada Gambar-2, representasi tim proyek atau disebut sebagai *gene* bergabung menjadi *string* membentuk kromosom. Skema *encoding* menampilkan variasi tim proyek dalam sebuah kromosom.

Kromosom-1

[1] [2] [3]	[7] [8] [9]	[13] [14] [15]	[19] [20] [21]	[25] [26] [27]	[31] [32] [33]
[4] [5] [6]	[10] [11] [12]	[16] [17] [18]	[22] [23] [24]	[28] [29] [30]	[34] [35] [36]

Kromosom-2

[1] [8] [15]	[7] [2] [32]	[19] [14] [3]	[13] [20] [21]	[30] [31] [27]	[26] [9] [16]
[22] [29] [36]	[10] [17] [12]	[33] [11] [18]	[4] [24] [34]	[28] [5] [25]	[23] [35] [6]

Kromosom-3

[1] [7] [19]	[8] [2] [14]	[15] [32] [3]	[22] [10] [33]	[29] [17] [11]	[36] [12] [18]
[13] [30] [26]	[20] [31] [9]	[21] [27] [16]	[4] [28] [23]	[24] [5] [35]	[34] [25] [6]

Kromosom-4

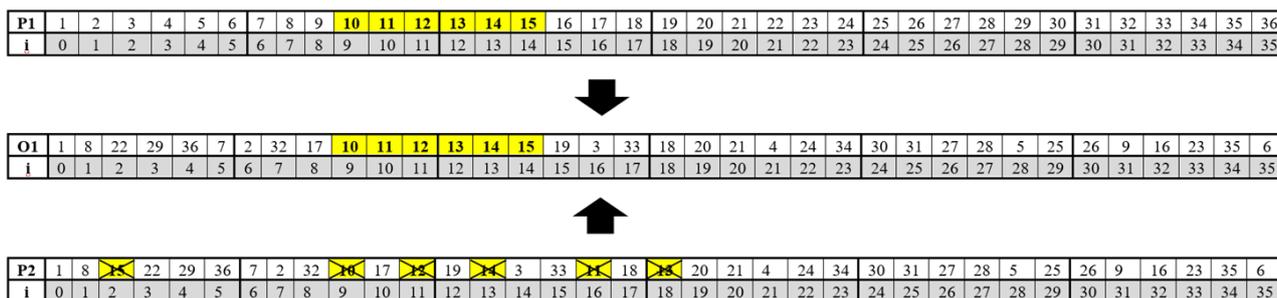
[1] [7] [19]	[13] [30] [26]	[15] [32] [3]	[21] [27] [16]	[29] [17] [11]	[24] [5] [35]
[8] [2] [14]	[20] [31] [9]	[4] [28] [23]	[22] [23] [24]	[34] [25] [6]	[36] [12] [18]

Gambar-3 Inisialisasi populasi acak dengan 4 Kromosom

Pada eksperimen ini, jumlah kromosom yang digunakan adalah 4 kromosom. Pada Gambar-3, 4 kromosom dibentuk dengan komposisi tim proyek yang bervariasi. Berdasarkan diagram alir pada Gambar-1, Masing-masing kromosom akan di hitung menggunakan fungsi *fitness* untuk mencari komposisi formasi optimal. Hasil iterasi dari algoritma akan menghasilkan 2 kromosom terbaik (optimal). Kromosom tersebut akan menggantikan 2 kromosom sebelumnya yang menghasilkan nilai *fitness* tidak optimal (disebut *offspring*). Adanya pergantian kromosom tersebut membentuk populasi terbaru. Proses iterasi akan berhenti jika populasi baru telah optimal yaitu memenuhi target dari nilai *fitness*.

B. Fungsi *Fitness*

Setelah inisialisasi populasi dibentuk, kromosom-kromosom harus dievaluasi untuk menemukan solusi yang optimal. Evaluasi kromosom dilakukan dengan evaluasi kuantitatif yaitu fungsi *fitness*. Menurut Garshasbi [22], penghitungan nilai *fitness* pada formasi tim



Gambar-4 Representasi *order-crossover (OX1)*

homogenitas dan heterogenitas mayoritas menggunakan formula matematika *mean-squared error* (MSE). MSE merupakan formula penghitungan deviasi rata-rata perbedaan dari nilai target dengan nilai sesungguhnya (nilai yang dihasilkan oleh masing-masing kromosom). penghitungan MSE kromosom adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} * \sum_{i=0}^n (\overline{x_{tim_i}} - \bar{x})^2 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=0}^n (\overline{x_{tim_i}} - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Dimana:

- $\overline{x_{tim_i}}$; rata-rata nilai siswa pada tim ke-i
- \bar{x} ; rata-rata semua nilai semua dalam kelas
- n ; banyaknya kelompok

Pada persamaan (1), nilai *fitness* suatu kromosom dihitung dengan total rata-rata deviasi dari nilai siswa dalam tim dengan nilai keseluruhan siswa. Pada persamaan (2), *root mean-squared error* (RMSE) digunakan untuk mencari akar dari.MSE. Tujuan RMSE adalah mengatasi hasil nilai error dengan format nilai yang besar untuk menampilkan format nilai lebih kecil. Kromosom dengan nilai *error* (RMSE) terkecil atau mendekati nol menjadi solusi optimal yang menggantikan dua kromosom dengan nilai terbesar dari kromosom lainnya.

C. Seleksi

Tahap seleksi memilih individu terbaik dari inialisasi populasi berdasarkan penghitungan nilai

fitness. Metode seleksi menggunakan *roulette wheel*. Hasil nilai *fitness* akan diimplementasikan dalam diagram pie. Berikut aturan *roulette wheel*:

1. Jumlahkan semua nilai *fitness*

$$S = \sum \text{nilai_fitness} \quad (3)$$

2. Normalisasi nilai *fitness*

$$\frac{\text{nilai_fitness}}{S} \quad (4)$$

3. Hitung penjumlahan kumulatif berdasarkan normalisasi nilai *fitness*.
4. Bangkitkan bilangan acak antara 0 dan 1.

Pada persamaan (3) dan (4), formula digunakan sebagai normalisasi nilai *fitness* untuk menentukan porsi dalam diagram pie. Porsi terbesar pada diagram pie memiliki peluang besar dipilih pada proses produksi selanjutnya.

D. Crossover

Crossover merupakan pertukaran *gene* antar dua kromosom yang terpilih (disebut *parent*) pada tahap seleksi. Metode *crossover* yang digunakan adalah *order-crossover (OX1)*. Menurut Krouska [9], *order-crossover* dapat menghindari *gene* sama (kembar) pada pembentukan *offspring* baru. Berikut aturan *order-crossover (OX1)*:

1. Pilih secara acak *gene* berurutan pada *parent-1* (kromosom terpilih).
2. Salin posisi dari masing-masing *gene* ke posisi yang sama pada *child-1* atau *offspring-1*.
3. Posisi kosong pada *offspring-1* diisi oleh *gene* dari *parent-2*. Posisi kosong diisi sesuai urutan *gene* dengan catatan jika nilai dari *gene* tidak

sama dengan nilai *gene* yang telah ditambahkan sebelumnya.

4. Ulangi langkah tersebut untuk pembentukan *offspring-2*

Pada **Gambar-4**, ilustrasi menunjukkan *gene* dipilih secara acak dari indeks *array* 9-14 pada *parent-1* (P1). *Gene* berlabel kuning akan ditempatkan ke indeks yang sama pada *offspring-1*. Selanjutnya, *gene* pada *parent-2* akan ditempatkan juga secara berurutan sesuai posisi yang kosong pada *offspring-1*.

E. Mutasi

Mutasi adalah pertukaran antar gen dalam kromosom, misalnya gen-3 ditukar dengan gen-10. Pada formasi tim proyek, metode yang tepat diusulkan adalah metode *swap* (*swap mutation*). Metode *swap* menukarkan posisi suatu gen dengan gen lain yang dipilih acak dalam satu kromosom. operator mutasi *swap* ditujukan untuk menghindari adanya kesamaan komposisi formasi tim dengan tim lain. Hasil dari mutasi adalah membentuk solusi baru yang lebih optimal dari generasi sebelumnya.

F. Populasi Baru

Tahap akhir adalah penempatan kromosom baru (*offspring*) ke populasi dengan menggantikan kromosom yang tidak optimal. Pembentukan populasi baru akan berhenti jika semua kromosom telah optimal yaitu tingkat *error* (RMSE) mendekati nol.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian sebelumnya, alat kolaborasi yang diusulkan mampu menunjang pembelajaran secara daring (*online*). Kelemahannya, alat kolaborasi belum mendukung regulasi pembentukan kelompok secara adil. Alat kolaborasi membentuk formasi tim secara *random-select* yang menyebabkan komposisi tim tidak seimbang.

Pada penelitian ini mengusulkan regulasi baru pada alat kolaborasi sebagai pembentukan formasi tim proyek perangkat lunak mahasiswa berdasarkan kriteria analisis dan desain perangkat lunak. Kriteria level pemahaman analisis dan desain diambil dari tugas individu pada pertemuan pertama matakuliah proyek perangkat lunak. Tugas individu dapat berbentuk esai, kuis, dan pemodelan diagram diselenggarakan pada alat kolaborasi. Nilai dari tugas individu dijadikan sebagai bahan utama dalam

eksperimen. Tahap eksperimen dibagi menjadi dua sesi. Sesi pertama, rentang waktu eksperimen adalah 4 pertemuan dengan pembentukan formasi tim proyek menggunakan alat kolaborasi (*random-select*). Sesi kedua, rentang waktu eksperimen adalah 4 pertemuan setelah ujian tengah semester. Pembentukan formasi tim proyek dengan membangkitkan populasi dengan perbaikan alat kolaborasi. Regulasi baru berbasis algoritma genetika diterapkan pada alat kolaborasi.

Pada matakuliah proyek perangkat lunak mahasiswa dilatih bekerja menyelesaikan pengembangan perangkat lunak sebagai tim. Mahasiswa sebagai pemula dilatih bagaimana berperan sebagai analisis, desainer, *programmer* atau penguji. Formasi kelompok dinamis dapat mengatur komposisi tim proyek mahasiswa secara dinamis agar dapat berperan dan memahami peran sebagai analisis, desainer, *programmer* atau penguji. Adanya komposisi ulang tim proyek pada tiap penugasan dapat membantu kesempatan mahasiswa mendapatkan peran – peran tersebut.

Pada sesi pertama eksperimen, formasi tim proyek dibentuk berdasarkan hasil pengacakan nilai dari tugas individu mahasiswa. Pembentukan formasi secara *random-select* dilakukan sebanyak 100 iterasi untuk mendapatkan variasi komposisi formasi tim proyek. hasil komposisi formasi dengan jarak terendah antara rata-rata nilai kelompok dengan rata-rata kelas dijadikan sebagai formasi kelompok yang dipilih. Pada pertemuan kedua, mahasiswa diberikan tugas mini proyek dengan kelompok yang telah dibentuk pada alat kolaborasi. Hasil rata – rata nilai dari tugas mini proyek dijadikan sebagai bahan pembentukan komposisi ulang kelompok tim proyek. Rata-rata nilai dapat dijadikan sebagai pemantauan perkembangan hasil belajar siswa dalam formasi kelompok. Pada tugas mini proyek di pertemuan ketiga, komposisi kelompok mahasiswa akan berbeda dari pertemuan sebelumnya.

Pada hasil sesi pertama, dari eksperimen empat pertemuan mendapat sebagai berikut:

Tabel-1 Hasil formasi tim berdasarkan *random-select*

Pertemuan	RMSE
Pertemuan 1	0,2437490
Tim 1: {1, 22, 19, 14, 23, 10}: Jarak: 0,037808642	
Tim 2: {15, 20, 3, 33, 29, 5}: Jarak: 0,037808642	
Tim 3: {35, 16, 30, 6, 9, 28}: Jarak: 0,000771605	
Tim 4: {31, 27, 12, 32, 24, 8}: Jarak: 0,222993827	
Tim 5: {13, 25, 36, 7, 4, 17}: Jarak: 0,019290123	
Tim 6: {2, 21, 26, 18, 34, 11}: Jarak: 0,037808642	

Rata – Rata Kelas: 61,86111111	
Pertemuan 2	0,124225999
Tim 1: {2, 22, 7, 14, 23, 10}: Jarak: 0,00308642	
Tim 2: {15, 20, 3, 33, 29, 5}: Jarak: 0,012345679	
Tim 3: {35, 21, 30, 6, 32, 28}: Jarak: 0,012345679	
Tim 4: {4, 16, 1, 12, 24, 18}: Jarak: 0,00308642	
Tim 5: {27, 25, 36, 19, 31, 17}: Jarak: 0,049382716	
Tim 6: {9, 13, 26, 8, 34, 11}: Jarak: 0,012345679	
Rata – Rata Kelas: 65,22222222	
Pertemuan 3	0,096225045
Tim 1: {2, 22, 32, 25, 23, 10}: Jarak: 0	
Tim 2: {15, 20, 3, 33, 11, 5}: Jarak: 0	
Tim 3: {35, 21, 30, 6, 7, 28}: Jarak: 0	
Tim 4: {4, 16, 1, 9, 24, 18}: Jarak: 0	
Tim 5: {27, 14, 29, 19, 31, 17}: Jarak: 0,027777778	
Tim 6: {12, 13, 26, 8, 34, 36}: Jarak: 0,027777778	
Rata – Rata Kelas: 68,33333333	
Pertemuan 4	0,062112999
Tim 1: {1, 22, 19, 14, 23, 29}: Jarak: 0,000771605	
Tim 2: {15, 20, 26, 33, 18, 5}: Jarak: 0,000771605	
Tim 3: {35, 21, 30, 6, 9, 8}: Jarak: 0,000771605	
Tim 4: {31, 13, 12, 32, 24, 11}: Jarak: 0,000771605	
Tim 5: {27, 25, 36, 7, 4, 17}: Jarak: 0,000771605	
Tim 6: {2, 16, 8, 10, 34, 3}: Jarak: 0,019290123	
Rata – Rata Kelas: 70,63888889	

Komposisi tim proyek seimbang dihitung dari jarak antara rata-rata tim dengan rata-rata kelas. Komposisi tim dengan hasil nilai jarak yang sama menjadi acuan sebagai komposisi anggota yang tim proyek yang seimbang. **Tabel-1** menunjukkan jarak antara rata – rata tiap tim dengan rata-rata kelas dan nilai RMSE. Pada pertemuan 1, terdapat 3 komposisi tim yang seimbang, pertemuan 2 terdapat 3 tim, pertemuan 3 terdapat 4 tim dan pertemuan 4 terdapat 5 tim. Pembentukan tim formasi dengan *random-select* telah membentuk komposisi tim yang seimbang namun belum optimal karena masih ada kelompok beberapa kelompok dengan komposisi yang berbeda. Keseimbangan komposisi dapat dilihat dengan nilai RMSE. Semakin kecil nilai RMSE atau mendekati nol menjadi ukuran komposisi suatu tim seimbang. Jika dilihat pada hasil RMSE, maka dapat disimpulkan pada pertemuan 1-4 nilai RMSE terbaik adalah 0,062112999. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat kesalahan atau *error* dalam formasi tim proyek perangkat lunak. Pada pertemuan 4, masih terdapat 1 tim dengan nilai deviasi (jarak) berbeda dengan 5 tim lainnya.

Pada sesi kedua eksperimen, pembentukan formasi kelompok ditentukan dengan pengaturan pada tabel berikut:

Tabel-2 Pengaturan parameter Formasi Kelompok

No	Parameter	Keterangan
1	Jumlah Kelompok	6

2	Inisialisasi populasi	100
3	probabilitas crossover	0,5
4	Skala error (RMSE)	0 – 1

Pada **Tabel-2**, pengaturan parameter digunakan sebagai acuan dalam pengaturan nilai *fitness* yang dihasilkan. Jumlah iterasi disamakan dengan sesi pertama eksperimen sebagai bahan komparasi hasil pembentukan optimal suatu komposisi tim. Komposisi tim proyek direpresentasikan dalam sebuah kromosom (**Gambar-2**). Dalam array, mahasiswa direpresentasikan dalam bilangan integer yaitu 1-36. Tim proyek dibentuk berdasarkan alat kolaborasi yang telah dilengkapi dengan regulasi baru formasi kelompok berbasis algoritma genetika sesuai dengan aturan pada (**Gambar-1**). Inisialisasi populasi komposisi tim (kromosom) dibentuk berdasarkan pertemuan terakhir pada sesi pertama. Kemudian dilakukan iterasi sebanyak 100 iterasi untuk mendapatkan kromosom terbaik berdasarkan nilai *fitness*. Kromosom tersebut dijadikan sebagai inisialisasi populasi pada pertemuan selanjutnya sesi kedua. Proses eksperimen dilakukan sebanyak empat kali yaitu sampai pertemuan empat sesi kedua eksperimen. Berikut rangkuman hasil formasi tim proyek pada sesi kedua:

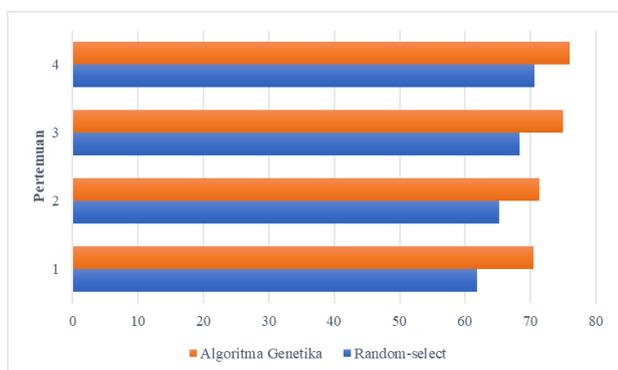
Tabel-3 Hasil formasi tim berdasarkan algoritma genetika

Pertemuan	RMSE
Pertemuan 1	0
Tim 1: {25, 13, 11, 4, 36, 19}: Jarak: 0	
Tim 2: {22, 23, 8, 26, 7, 20}: Jarak: 0	
Tim 3: {21, 24, 5, 18, 9, 2}: Jarak: 0	
Tim 4: {15, 16, 31, 12, 17, 30}: Jarak: 0	
Tim 5: {14, 27, 29, 35, 34, 1}: Jarak: 0	
Tim 6: {6, 3, 28, 10, 33, 32}: Jarak: 0	
Rata – Rata Kelas: 70,5	
Pertemuan 2	0
Tim 1: {6, 22, 11, 5, 33, 19}: Jarak: 0	
Tim 2: {13, 23, 26, 28, 9, 2}: Jarak: 0	
Tim 3: {16, 25, 8, 29, 7, 20}: Jarak: 0	
Tim 4: {15, 27, 31, 36, 1, 17}: Jarak: 0	
Tim 5: {24, 14, 18, 35, 34, 30}: Jarak: 0	
Tim 6: {21, 3, 4, 10, 12, 32}: Jarak: 0	
Rata – Rata Kelas: 71,3333	
Pertemuan 3	0
Tim 1: {23, 22, 5, 8, 2, 19}: Jarak: 0	
Tim 2: {3, 6, 10, 12, 7, 20}: Jarak: 0	
Tim 3: {25, 15, 4, 17, 8, 28}: Jarak: 0	
Tim 4: {25, 14, 31, 34, 1, 33}: Jarak: 0	
Tim 5: {16, 27, 29, 36, 35, 30}: Jarak: 0	
Tim 6: {21, 13, 26, 18, 11, 32}: Jarak: 0	
Rata – Rata Kelas: 75	
Pertemuan 4	0
Tim 1: {1, 22, 19, 14, 23, 18}: Jarak: 0	
Tim 2: {15, 20, 3, 33, 29, 5}: Jarak: 0	
Tim 3: {35, 16, 32, 6, 2, 28}: Jarak: 0	
Tim 4: {11, 8, 21, 30, 24, 36}: Jarak: 0	

Tim 5: {13, 25, 10, 7, 4, 17}: Jarak: 0
 Tim 6: {9, 12, 26, 27, 34, 31}: Jarak: 0
Rata – Rata Kelas: 76

Berdasarkan **Tabel-3**, hasil eksperimen sesi dua menunjukkan bahwa RMSE adalah 0 pada tiap sesi pertemuan. Hasil menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu memberikan komposisi tim proyek optimal dan seimbang. Optimal dalam arti rata-rata nilai tiap tim proyek meningkat dalam tiap sesi pertemuan. Rata-rata kelas yang dihasilkan meningkat dari pertemuan pertama sampai pertemuan empat yaitu dari 70,5 meningkat ke nilai 76. Seimbang dalam arti nilai rata-rata tiap tim sama dengan nilai rata-rata kelas, artinya jarak yang dihasilkan adalah 0. Komposisi kompetensi sebuah tim mengikuti kompetensi dalam. Dalam kasus ini dapat disimpulkan bahwa formasi tim proyek yang dibentuk dengan algoritma genetika mampu mengikuti kompetensi suatu kelas.

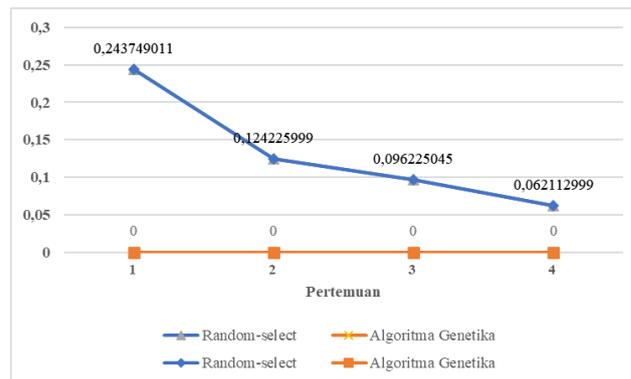
Dalam kasus lain, algoritma genetika mampu memberikan hasil yang optimal dan seimbang dalam komposisi ulang formasi tim proyek. Kromosom atau komposisi tim yang dihasilkan berbeda pada tiap pertemuan. Sebagai contoh, formasi tim 1 pada pertemuan 1 berbeda dengan pertemuan 2, 3, dan 4.



Gambar-5 Perbandingan rata-rata nilai

Artinya, mahasiswa mampu berkolaborasi dengan mahasiswa lain meskipun dalam kombinasi formasi tim yang berbeda. Hal ini membuktikan bahwa algoritma genetika mampu meningkatkan kemampuan mahasiswa, mandiri dan tanggung jawab dalam tim, terbukti dengan adanya peningkatan hasil rata-rata dalam suatu tim tiap sesi pertemuan. Pada **Gambar-5**, grafik menunjukkan bahwa rata-rata nilai mahasiswa dengan formasi menggunakan algoritma genetika lebih tinggi dibandingkan dengan *random-select*. Hasil menunjukkan bahwa dari semua sesi pertemuan,

algoritma genetika mampu mengoptimalkan formasi tim proyek dengan hasil rata-rata nilai di atas 70. Hasil eksperimen dapat disimpulkan bahwa adanya komposisi ulang menggunakan algoritma genetika mampu meningkatkan performa mahasiswa dalam tim proyek. Adanya peningkatan rata-rata kelas merupakan indikator bahwa kemampuan individu mahasiswa telah meningkat.



Gambar-6 Perbandingan nilai RMSE

Dari perbandingan nilai RMSE pada **Gambar-6**, didapatkan bahwa secara keseluruhan *random-select* masih menghasilkan kesalahan atau *error* dalam pembentukan formasi tim. Grafik diatas menunjukkan bahwa *random-select* masih menghasilkan nilai RMSE di atas 0 dengan kesalahan terkecil adalah pada pertemuan empat yaitu di atas 0,05. Sedangkan, pada algoritma genetika ditunjukkan dengan grafik berwarna *orange*, mampu menghasilkan RMSE 0. Hal ini dapat disimpulkan bahwa komposisi tim yang dibentuk mampu membentuk formasi yang seimbang sesuai dengan level kompetensi kelas. Komposisi tiap tim merata

Berdasarkan hasil eksperimen tujuan dan hasil penelitian dirangkum sebagai berikut:

1. Penerapan algoritma genetika dalam alat kolaborasi mampu digunakan untuk membentuk formasi tim mahasiswa yang seimbang.
2. Komposisi ulang pada tim proyek mahasiswa mampu meningkatkan kemampuan individu mahasiswa terutama dalam kolaborasi tim proyek, terbukti pada eksperimen kedua jarak antara level tim dengan level kompetensi kelas sama. Artinya, komposisi tim bersifat merata (*heterogeneous*) antara mahasiswa yang nilai predikat A sampai predikat E.
3. Komposisi ulang formasi tim proyek mampu melatih mahasiswa beradaptasi dengan

mahasiswa lain dengan karakteristik yang berbeda. Terbukti pada hasil rata-rata nilai, pada tiap sesi rata-rata kelas meningkat di tiap sesi pertemuan. Meskipun peningkatan nilai rata – rata tidak signifikan. Nilai rata-rata terbaik masih di angka 76 yaitu dengan predikat B.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian bertujuan untuk membentuk formasi tim proyek mahasiswa secara dinamis untuk mengurangi gap atau jarak antar mahasiswa pemula. Algoritma genetika diusulkan sebagai perbaikan pada alat kolaborasi dalam membentuk formasi tim proyek perangkat lunak mahasiswa. Eksperimen baru juga diterapkan yaitu penerapan komposisi ulang tim proyek. Dua sesi eksperimen dilakukan pada penelitian untuk mengetahui hasil perbandingan antara *random-select* dengan algoritma genetika. Sesi pertama eksperimen menerapkan *random-select* dalam formasi tim. Eksperimen menghasilkan nilai RMSE terbaik sebesar 0,062112999, artinya masih ada kesalahan dalam pembentukan formasi tim. Sesi kedua eksperimen menerapkan algoritma genetika menghasilkan RMSE 0, artinya pembentukan formasi tim dianggap seimbang karena level tim sama dengan level kompetensi kelas. Berdasarkan hasil eksperimen tersebut dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika mampu menangani permasalahan dalam kombinasi pembentukan formasi tim proyek. Komposisi ulang tim proyek juga memberikan peningkatan kemampuan individu mahasiswa dalam tim proyek.

B. Saran

Penelitian dapat dilanjutkan dengan melakukan eksperimen penambahan kriteria baru. Dalam pembentukan formasi tim proyek dapat disusun berdasarkan kriteria analisis, desain, programmer, dan penguji. Kriteria-kriteria tersebut ditujukan untuk melatih kemampuan mahasiswa dalam memahami peran mahasiswa dalam tim proyek. Dalam skala industri, mahasiswa tidak asing jika ditempatkan dalam peran analisis, desain, *programmer* maupun penguji. Selain itu, melatih kemampuan mahasiswa dalam memimpin tim proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. W. Utomo and D. Kurniawan, "Formasi kelompok dinamis untuk mendukung kolaborasi pembelajaran proyek perangkat lunak," *J. Inov. Teknol. Pendidik.*, vol. 7, no. 1, pp. 42–51, 2020.
- [2] D. W. Utomo, D. Kurniawan, and R. R. Sani, "Pemodelan Algoritma Genetika dalam Pengelompokan Siswa Pada Kolaborasi," in *Seminar Nasional Dinamika Informatika 2020 Universitas PGRI Yogyakarta*, 2020, pp. 148–152.
- [3] M. M. Jati Wijaya, D. W. Utomo, and D. Kurniawan, "Implementing Dynamic Group Formation in Web-Based Collaborative Learning for High School," in *2019 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, 2019, pp. 528–533.
- [4] I. Noguera, A. E. Guerrero-Roldán, and R. Masó, "Collaborative agile learning in online environments: Strategies for improving team regulation and project management," *Comput. Educ.*, vol. 116, pp. 110–129, 2018.
- [5] M. Marques, S. F. Ochoa, M. C. Bastarrica, and F. J. Gutierrez, "Software Engineering Project Courses," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 61, no. 1, pp. 63–73, 2018.
- [6] I. Srba and M. Bielikova, "Dynamic group formation as an approach to collaborative learning support," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 173–186, 2015.
- [7] H. Rahman, S. B. Roy, S. Thirumuruganathan, S. Amer-Yahia, and G. Das, "Optimized group formation for solving collaborative tasks," *VLDB J.*, vol. 28, no. 1, 2019.
- [8] D. W. Utomo *et al.*, "Tool Enhancement For Collaborative Software Engineering Education," *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun. 2015 (SENTIKA 2015)*, pp. 9–16, 2015.
- [9] A. Krouska, C. Troussas, and M. Virvou, "Applying genetic algorithms for student grouping in collaborative learning: A synthetic literature review," *Intell. Decis. Technol.*, vol. 13, no. 4, pp. 395–406, 2020.
- [10] A. Lambora, K. Gupta, and K. Chopra, "Genetic Algorithm- A Literature Review," *2019 Int. Conf. Mach. Learn. Big Data, Cloud Parallel Comput.*, no. 1998, pp. 380–384, 2019.
- [11] A. K. Nugroho and I. Permadi, "Implementasi Jalur Pendek Menggunakan Ant Colony Optimization," *Din. Rekayasa*, vol. 16, no. 1, pp. 61–68, 2020.
- [12] W. Zhang *et al.*, "Decision support for project rescheduling to reduce software development delays based on ant colony optimization," *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 894–910, 2018.
- [13] Z. Zheng and N. Pinkwart, "Dynamic Re-Composition of Learning Groups Using PSO-

- Based Algorithms,” in *Proceedings of the 7th International Conference on Educational Data Mining*, 2014, no. 3, pp. 357–358.
- [14] H. Rahman, S. B. Roy, S. Thirumuruganathan, S. Amer-Yahia, and G. Das, “Optimized group formation for solving collaborative tasks,” *VLDB J.*, vol. 28, no. 1, pp. 1–23, 2019.
- [15] S. Amara, J. Macedo, F. Bendella, and A. Santos, “Group formation in mobile computer supported collaborative learning contexts: A systematic literature review,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 19, no. 2, pp. 258–273, 2016.
- [16] W. O. Apeanti and D. Essel, “Learning Computer Programming Using Project-Based Collaborative Learning,” *Int. J. Innov. Educ. Res.*, vol. 9, no. 8, pp. 191–207, 2021.
- [17] Y. Zheng, C. Li, S. Liu, and W. Lu, “An improved genetic approach for composing optimal collaborative learning groups,” *Knowledge-Based Syst.*, vol. 139, pp. 214–225, 2018.
- [18] P. I. Ciptayani, K. C. Dewi, and I. W. B. Sentana, “Student grouping using adaptive genetic algorithm,” *Proc. - 2016 Int. Electron. Symp. IES 2016*, pp. 375–379, 2016.
- [19] A. Sukstrienwong, “A Genetic-algorithm Approach for Balancing Learning Styles and Academic Attributes in Heterogeneous Grouping of Students,” *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 12, no. 03, pp. 4–25, 2017.
- [20] A. Farissi, H. M. Dahlan, and Samsuryadi, “Genetic algorithm based feature selection for predicting student’s academic performance,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1073, pp. 110–117, 2020.
- [21] T. K. Shih, W. K. T. M. Gunarathne, A. Ochirbat, and H. M. Su, “Grouping peers based on complementary degree and social relationship using genetic algorithm,” *ACM Trans. Internet Technol.*, vol. 19, no. 1, 2018.
- [22] S. Garshasbi, Y. Mohammadi, S. Graf, S. Garshasbi, and J. Shen, “Optimal learning group formation: A multi-objective heuristic search strategy for enhancing inter-group homogeneity and intra-group heterogeneity,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 118, pp. 506–521, 2019.