

PERBANDINGAN PERFORMA ALGORITMA KOLONI SEMUT DENGAN ALGORITMA GENETIKA – TABU SEARCH DALAM PENJADWALAN KULIAH

Page | 17

Neng Ika Kurniati¹, Alam Rahmatulloh², Dewi Rahmawati³
¹²³ Program Studi Teknik Informatika, Univeristas Siliwangi, Tasikmalaya
Jalan Siliwangi No. 24 Tasikmalaya Jawa Barat, 46115 Indonesia
nengikakurniati@unsil.ac.id

Abstrak— Algoritma digunakan sebagai penyelesaian beberapa masalah optimasi seperti traveling salesman problem maupun penjadwalan. Salah satu jenis algoritma yang sering digunakan adalah algoritma metaheuristik dimana algoritma ini menggunakan mekanisme yang meniru perilaku sosial ataupun strategi yang ada di alam. Algoritma koloni semut merupakan salah satu contoh algoritma metaheuristik yang memiliki cara kerja memilih jalur berdasarkan jalur yang paling sering dilalui oleh semut. Sedangkan salah satu contoh lain adalah algoritma genetika – tabu search yang memiliki cara kerja berkebalikan dimana algoritma ini mencegah agar jalur yang sama tidak dilakukan proses berulang ulang. Aktivitas penjadwalan kuliah dipilih untuk menjadi objek penelitian karena masalah penyusunan penjadwalan sangat kompleks, terdapat beberapa komponen yang harus dijadwalkan seperti dosen, mata kuliah, waktu, ruangan, dan kelas dengan memperhatikan sejumlah batasan dan syarat tertentu. Untuk itu dilakukan perbandingan kedua algoritma untuk mengetahui algoritma mana yang lebih optimal dalam melakukan penyusunan penjadwalan kuliah. Hasil dari penelitian ini berupa. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa algoritma koloni semut lebih baik 33% dalam hal penggunaan memori dan lebih cepat 82% dalam pengukuran waktu, sedangkan algoritma genetika – tabu search lebih baik 11% dalam hal nilai fitness.

Keywords— Algoritma, Genetika – Tabu Search, Koloni Semut, Penjadwalan

I. PENDAHULUAN

Penyusunan jadwal kuliah merupakan aktifitas penting yang membutuhkan waktu, tenaga dan ketelitian [1]. Karena dalam perancangan jadwal kuliah harus memperhatikan aturan aturan penjadwalan serta faktor faktor yang mempengaruhi seperti dosen, kelas, waktu, ruang dan mata kuliah dengan memperhatikan batasan dan syarat tertentu dalam mengalokasikan jadwal [2]. Beberapa solusi terhadap penyelesaian penjadwalan menunjukkan bahwa semakin besar volume batasan penjadwalan maka alokasi akan jadwal semakin kompleks sehingga diperlukan algoritma untuk menyelesaikan permasalahan tersebut [1].

Metaheuristik merupakan algoritma yang dapat menyelesaikan masalah optimasi kompleks jika diselesaikan dengan algoritma eksak [3]. Algoritma metaheuristik memiliki kecepatan pencarian solusi optimal yang lebih baik daripada metode tradisional [4]. Menurut Hillier & Lieberman metode metaheuristik yang dibangun dengan baik dapat memberikan solusi yang mendekati solusi optimal [5]. Metode metaheuristik berbasis AI (*Artificial Intelligence*) bermunculan untuk memberikan solusi yang optimal, seperti misalnya algoritma genetika, tabu search, koloni semut dan simulasi annealing [7]. Dalam penelitian yang dilakukan Rusidah, Muslim, & Pramono penggabungan teknik algoritma genetika dengan tabu search menghasilkan optimasi lebih baik dibanding dengan teknik algoritma genetika saja [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Komang Ayu Triana yang membandingkan algoritma koloni semut dengan algoritma tabu search menghasilkan bahwa algoritma tabu search menghasilkan proses yang

cepat dan nilai pelanggaran kecil dibandingkan algoritma koloni semut [2]. Namun sesuai dengan studi pustaka yang dilakukan, saat ini penelitian Algoritma Koloni Semut dengan Algoritma Genetika – Tabu Search dilakukan pengimplementasian secara terpisah. Dimana Algoritma Koloni Semut merupakan algoritma yang menentukan jalur optimasi berdasarkan jalur yang paling sering dilalui. Sedangkan Algoritma Genetika-Tabu Search merupakan gabungan dari Algoritma Genetika dengan Algoritma Tabu Search yang cara kerjanya jalur yang pernah dilalui/dieksekusi tidak akan dieksekusi kembali, yang berarti cara kerjanya berkebalikan dengan Algoritma Koloni Semut.

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan antara algoritma koloni semut dengan algoritma genetika-tabu search yang merupakan algoritma evolusi untuk menyelesaikan sebuah permasalahan penjadwalan mata pelajaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perbandingan performansi yang lebih baik antara algoritma koloni semut dan algoritma genetika-tabu search dalam menyelesaikan jadwal kuliah pada solusi terbaik.

II. STUDI LITERATURE

A. Algoritma koloni semut (AKS)

Dorigo[8] mendefinisikan bahwa algoritma ant colony optimization atau algoritma koloni semut (AKS) adalah algoritma yang awalnya terinspirasi dari perilaku semut, banyak dikembangkan bahwa spesies semut sangat peka terhadap suara, dan kebanyakan dari spesies mereka benar-

benar buta, kebanyakan spesies semut hanya berkomunikasi antara individu dan individu, atau antara individu dan lingkungannya, spesies semut dapat menghasilkan sebuah cairan kimia yang disebut pheromone, dimana dengan cairan pheromone semut dapat meninggalkan jejak agar jejak tersebut dapat diikuti oleh semut lainnya seperti saat proses pencarian makanan oleh semut.

Pada ant colony optimization, sebuah koloni semut buatan bekerjasama untuk menemukan solusi terbaik terhadap sebuah permasalahan optimasi. Semut buatan mempunyai dua sifat (1) mencontoh dari sifat semut yang sesungguhnya yakni menemukan jalan tersingkat oleh koloni semut sungguhan, (2) memperkaya sebuah kemampuan yang tidak terdapat pada semut sungguhan [9].

B. Algoritma genetika – tabu search (AG-TS)

Algoritma genetika direpresentasikan oleh urutan langkah-langkah prosedur kromosom buatan yang bergerak dari satu populasi ke populasi baru menggunakan seleksi alami dan teknik yang diambil dari genetika yang dikenal sebagai crossover dan mutasi [10].

Menurut Glover dan Laguna kata tabu atau “taboo” berasal dari bahasa Tongan, suatu bahasa Polinesia yang digunakan oleh suku Aborigin pulau Tonga untuk mengindikasikan suatu hal yang tidak boleh “disentuh” karena kesakralannya. Menurut kamus Webster, tabu berarti larangan yang dipaksakan oleh kebudayaan sosial sebagai suatu tindakan pencegahan atau sesuatu yang dilarang karena berbahaya. Bahaya yang harus dihindari dalam Tabu Search adalah rute perjalanan yang tidak layak, dan terjebak tanpa ada jalan keluar [11]. Pada metode tabu search, solusi yang sudah pernah ditemui akan dilarang untuk di eksekusi kembali pada iterasi berikutnya. TS menggunakan struktur memory yang disebut Tabu List. Tabu List digunakan untuk menyimpan solusi yang pernah ditemui selama iterasi berjalan agar proses pencarian tidak berulang-ulang pada daerah solusi yang sama, selain itu untuk menuntun proses pencarian menelusuri solusi-solusi yang belum pernah dikunjungi sebelumnya [6].

C. Penjadwalan

Penjadwalan adalah penempatan sumber daya (*resource*) dalam satu waktu. Penjadwalan mata kuliah merupakan persoalan penjadwalan yang umum dan sulit dimana tujuannya adalah menjadwalkan pertemuan dari sumber daya. Sumber daya yang dimaksud adalah dosen pengasuh mata kuliah, mata kuliah, ruang kuliah, kelas mahasiswa, dan waktu. [12].

Constraint

Terdapat batasan-batasan (*constraints*) dalam penyusunan penjadwalan mata kuliah. Batasan-batasan yang tidak boleh dilanggar dalam penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Tidak boleh ada jadwal diruang yang sama di waktu yang sama atau bisa disebut *Clash Ruangan* (CR).
2. Tidak boleh ada jadwal untuk kelas yang sama di waktu yang sama atau bisa disebut *Clash Class* (CC).

3. Tidak boleh ada jadwal untuk dosen yang sama mengajar di waktu yang sama atau bisa disebut *Clash Dosen* (CD).
4. Tidak boleh ada jadwal untuk dosen dihari yang telah ditentukan oleh dosen atau bisa disebut *Clash Hari* (CH).

Fitness

Nilai fitness digunakan untuk proses evaluasi node dan kromosom agar memperoleh node dan kromosom yang diinginkan. Fungsi ini membedakan kualitas dari node dan kromosom untuk mengetahui seberapa baik node dan kromosom yang dihasilkan. Fungsi fitness tersebut sesuai dengan persamaan 1.

$$Fitness = \frac{1}{1+penalty} \quad (1)$$

Dari persamaan diatas nilai fitness ditentukan oleh nilai penalty. Penalty tersebut menunjukkan jumlah pelanggaran kendala pada suatu kromosom. Semakin tinggi nilai fitness akan semakin besar kemungkinan node dan kromosom tersebut terpilih ke generasi berikutnya. Jadi nilai penalty berbanding terbalik dengan nilai fitness, semakin kecil nilai penalty (jumlah pelanggaran) semakin besar nilai fitnessnya.

Didalam penjadwalan perkuliahan ini penalty menunjukkan besarnya nilai pelanggaran (*Constraint*). Bobot nilai pelanggaran terhadap CR, CD, CC adalah 1 dan pelanggaran terhadap CH adalah 0,5. Maka model perhitungannya dapat dilihat pada persamaan 2.

$$Fitness = \frac{1}{1+CC+CD+CR+CH} \quad (2)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode studi komparatif dimana setiap algoritma diuji dari segi kinerja algoritma. Kemudian hasil dari pengujian dibandingkan menggunakan parameter penggunaan memori, parameter waktu, dan parameter nilai fitness. Tahap – tahap yang digunakan yaitu :

1. Pengumpulan data
2. Persiapan data
3. Persiapan pengujian
4. Mengukur penggunaan memori
5. Mengukur waktu
6. Menghitung nilai fitness
7. Membandingkan hasil pengukuran
8. Penarikan kesimpulan

A. Pengumpulan data

1. Algoritma koloni semut (AKS)

Algoritma koloni semut memiliki cara kerja memilih jalur terbaik berdasarkan jumlah feromon (jejak kaki), semakin sering node dilalui semut maka feromon akan semakin kuat. Semut pertama akan mencari node pada kolom pertama secara acak untuk jadwal mata kuliah pertama. Jika node yang didapat sesuai dengan ketentuan misalnya dosen mata kuliah tidak sedang mengajar pada timeslot di node tersebut atau ruangan tersedia maka node tersebut akan diupdate feromonnya. Namun jika node yang

didapat tidak sesuai dengan ketentuan misalnya ruangan sedang digunakan pada node tersebut maka semut akan mencari node lain lagi secara acak yang masih dikolom tersebut sampai mendapat node yang sesuai ketentuan.

Setelah mendapat node pada kolom pertama, semut akan mencari node pada kolom kedua dan seterusnya sampai kolom terakhir. Setelah mendapat node pada kolom terakhir, daftar node tersebut dapat disebut dengan jalur. Kemudian semut lain akan mencari jalur seperti yang dilakukan semut pertama.

Setelah beberapa semut memiliki jalur, semut berikutnya dapat memilih untuk mencari jalur sendiri atau mengikuti jalur semut yang sudah mendapat nilai feromon paling kuat. Jalur yang paling banyak digunakan oleh semut yang akan dijadikan pertimbangan untuk jalur optimal.

2. Algoritma genetika – tabu search (AG – TS)

Cara kerja algoritma ini ada memilih kromosom terbaik berdasarkan seleksi crossover dan mutasi. Langkah pertama dari algoritma ini adalah membentuk populasi awal, lalu tiap kromosom dalam populasi tersebut akan diubah menjadi nilai integer. Selanjutnya kromosom kromosom akan mengalami penyeleksian dengan menggunakan tabu search. Dalam tabu search ini, solusi yang sudah pernah ditemui akan dilarang untuk di eksekusi kembali pada iterasi berikutnya. TS menggunakan struktur memory yang disebut tabu list. tabu list digunakan untuk menyimpan solusi yang pernah ditemui selama iterasi berjalan agar proses pencarian tidak berulang-ulang pada daerah solusi yang sama, selain itu untuk menuntun proses pencarian menelusuri solusi-solusi yang belum pernah dikunjungi sebelumnya. Setelah terbentuk kromosom kromosom baru, kromosom tersebut akan menlalui proses crossover gen tiap kromosom. Hasil dari crossover tersebut lalu dilakukan kembali mutasi gen. Sehingga terbentuklah populasi baru dengan kromosom yang baru.

B. Persiapan data

Jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan pada tabel 1.

TABEL I
PERSIAPAN DATA

NO	JENIS DATA	JUMLAH
1	Data ruangan	11 data
2	Data dosen	20 data
3	Data Waktu	51 data
4	Data Kuliah	70 data

C. Persiapan pengujian

Tahap persiapan dilakukan dengan mendefinisikan kebutuhan perangkat yang digunakan. Kebutuhan perangkat dalam penelitian ini dibagi menjadi 3, yaitu kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan komponen pengujian.

1. Kebutuhan perangkat keras

Beberapa perangkat keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini, berikut dijelaskan pada Tabel 2.

TABEL II
KEBUTUHAN PERANGKAT KERAS

NO	NAMA	JUMLAH
1	Laptop Asus AMD A9-9420 Ram 3GB	1 Unit

2. Kebutuhan perangkat lunak

Beberapa perangkat lunak yang dibutuhkan untuk penelitian ini, berikut dijelaskan pada Tabel 3.

TABEL III
KEBUTUHAN PERANGKAT LUNAK

NO	NAMA	FUNGSI
1	Windows 10 Pro	Sistem Operasi
2	Google Chrome	Browser untuk menjalankan web aplikasi
3	Web Server	Untuk menjalankan sever (<i>localhost</i>)
4	Database	Untuk menyimpan data aplikasi
5	PHP	Bahasa pemrograman yang digunakan
6	Adobe Dreamweaver CC 2018	Untuk merancang web aplikasi yang digunakan dalam perhitungan kinerja

3. Kebutuhan komponen pengujian

Beberapa komponen data yang digunakan untuk penelitian ini, berikut dijelaskan pada Tabel 4

TABEL IV
KEBUTUHAN KOMPONEN PENGUJIAN

NO	NAMA	ENTITAS
1	Data dosen	Kode dosen, nama dosen, hari dosen mengajar
2	Data mata kuliah	Kode mata kuliah, nama mata kuliah
3	Data waktu	Nama hari. Nama jam
4	Data ruangan	Kode ruangan, Nama ruangan

D. Mengukur penggunaan memori

Pengukuran penggunaan data dilakukan dengan menggunakan fungsi php. Yaitu fungsi untuk melakukan pengukuran jumlah memori yang digunakan oleh sistem dalam kilo bytes. Kode sumber tertera pada Gbr 1

```
echo "\r\nMemory Usage: " . memory_get_usage() / 1024 . ' kilo bytes!';
```

Gbr 1. Kode sumber untuk mengukur penggunaan memori

E. Mengukur waktu

Dalam melakukan pengukuran waktu dilakukan dengan cara pendefinisian variabel `time_start` sebelum eksekusi kode metode kemudian definisikan `time_end` setelah selesai eksekusi kode metode kemudian lakukan pengurangan (pencarian selisih). Dapat dilihat dari Gbr 2.

```
$this->time_start = microtime(true);
ProsesAlgoritma();
$this->time_end = microtime(true);
$time = $this->time_end - $this->time_start;
```

Gbr 2. Kode sumber untuk mengukur waktu

F. Menghitung nilai fitness

Perhitungan nilai fitness disesuaikan dengan persamaan 2. Kode sumber untuk perhitungan nilai fitness tertera pada Gbr 3.

```
$f['nilai'] = 1/ (1 + $slash_dosen + $slash_ruang + $slash_kelas + $slash_hari);
```

Gbr 3. Kode sumber untuk nilai fitness

G. Membandingkan hasil pengukuran

Hasil – hasil pengukuran dari pengujian dihimpun dan diambil nilai rata – rata setiap parameter. Kemudian dibandingkan data tersebut antar algoritma yang digunakan.

H. Penarikan kesimpulan

Menganalisis data pengujian antara kedua algoritma yang digunakan kemudian menentukan metode mana yang lebih baik dari segi masing masing parameter. Sehingga dapat diketahui algoritma mana yang unggul.

IV. HASIL DAN ANALISIS

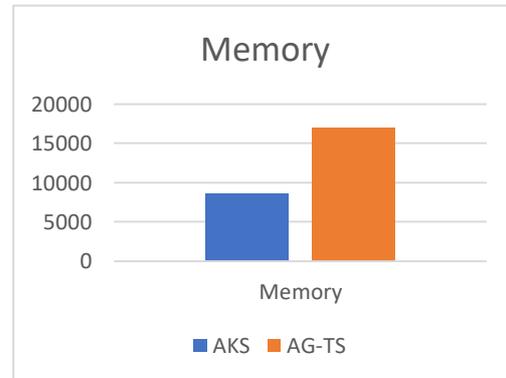
A. Hasil pengukuran penggunaan memori

Hasil pengukuran memori terhadap penjadwalan dengan algoritma koloni semut dan algoritma genetika – tabu search. Dengan hasil algoritma koloni semut rata – rata menggunakan memori sebesar 8544.44 kilo bytes, sedangkan algoritma genetika – tabu search rata – rata menggunakan memori sebesar 17010.28 kilo bytes. Data hasil pengukuran penggunaan memori disajikan pada tabel 5, Gbr 4 dan Gbr 5.

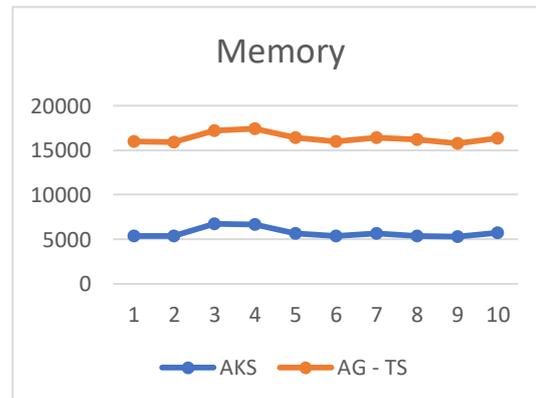
TABEL V
HASIL PENGGUNAAN MEMORI

Hasil Pengukuran Memori (kilo bytes)		
Percobaan Ke -	AKS	AG – TS
1	9540.37	18247.17
2	9106.8	17965.03
3	8720.75	17965.03
4	8678.85	17366.89
5	9170.14	17465.46

6	8696.11	17539.03
7	8756.97	16506.14
8	8718.17	16417.1
9	7000.41	15307.28
10	7055.89	15323.62
Rata – rata	8544.44	17010.28



Gbr 4. Hasil pengukuran memori



Gbr 5. Perubahan penggunaan memori tiap percobaan

B. Hasil pengukuran penggunaan waktu

Hasil pengukuran waktu terhadap penjadwalan dengan algoritma koloni semut dan algoritma genetika – tabu search. Dengan hasil algoritma koloni semut rata – rata menggunakan waktu sebanyak 12.22 detik, sedangkan algoritma genetika – tabu search rata – rata membutuhkan waktu sebanyak 122.86 detik. Data hasil pengukuran penggunaan waktu disajikan pada tabel 6, Gbr 6 dan Gbr 7.

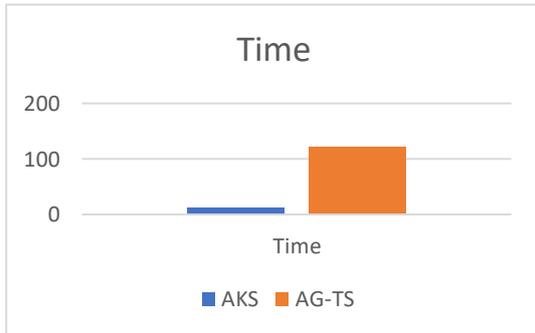
TABEL VI
HASIL PENGUKURAN WAKTU

Hasil Pengukuran Waktu (s)		
Percobaan Ke	AKS	AG – TS
-		
1	14.85	136.17
2	22.88	138.09
3	10.73	138.09
4	11.02	130.7
5	10.52	127.26
6	10.64	124.22
7	10.75	116.21

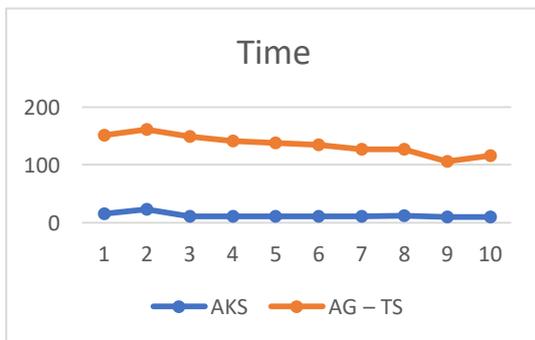
8	11.48	115.39
9	9.97	96.35
10	9.42	106.12
Rata – rata	12.22	122.86

HASIL NILAI FITNES AG-TS

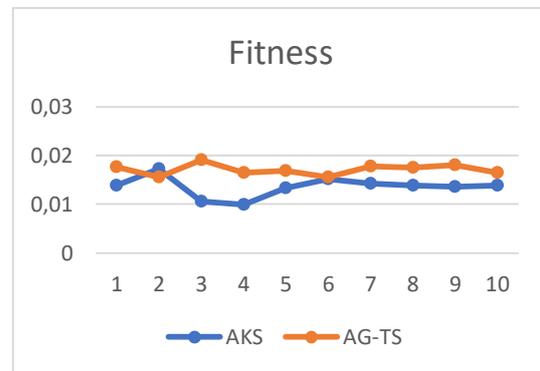
Hasil Pengukuran nilai fitness AG-TS					
Percobaan Ke -	Fitness	CD	CR	CK	CH
1	0.0176	22	12	6	15.5
2	0.0156	20	18	10	15
3	0.0191	12	14	6	19.5
4	0.0165	12	18	16	13.5
5	0.0169	14	14	14	16
6	0.0155	18	18	12	15.5
7	0.0178	8	20	12	15
8	0.0175	10	16	12	18
9	0.0181	10	26	2	16
10	0.0165	16	14	12	17.5
Rata – rata	0.0171	14.2	17	10.2	16.15



Gbr 6. Hasil pengukuran waktu



Gbr 7. Perubahan waktu tiap percobaan



Gbr 8. Perubahan nilai fitness tiap percobaan

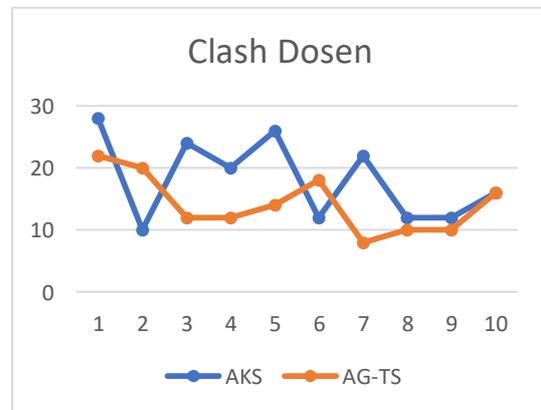
C. Hasil pengukuran nilai fitness

Hasil pengukuran nilai fitness terhadap penjadwalan dengan algoritma koloni semut dan algoritma genetika – tabu search. Dengan hasil algoritma koloni semut rata – rata menghasilkan nilai fitness 0.0135 dengan nilai CD 18.2, CR 25.4, CK 12.4 dan CH 18.05, sedangkan algoritma genetika – tabu search rata – rata menghasilkan nilai fitness 0.0171 dengan nilai CD 14.2, CR 17, CK 10.2, dan CH 16.15. Data hasil pengukuran penggunaan waktu disajikan pada tabel 7, tabel 8, Gbr 8 dan Gbr 9.

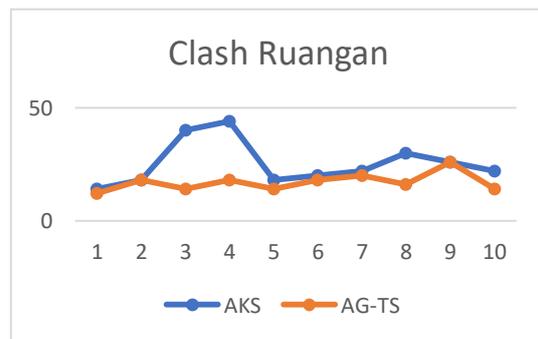
TABEL VII
HASIL PENGUKURAN NILAI FITNET AKS

Percobaan Ke -	Fitness	CD	CR	CK	CH
1	0.0138	28	14	12	17
2	0.0173	10	18	10	18.5
3	0.0106	24	40	8	21
4	0.0099	20	44	14	22
5	0.0134	26	18	12	17.5
6	0.0152	12	20	16	16.5
7	0.0143	22	22	8	16.5
8	0.0139	12	30	14	14.5
9	0.0136	12	26	16	18.5
10	0.0139	16	22	14	18.5
Rata – rata	0.0135	18.2	25.4	12.4	18.05

TABEL VIII



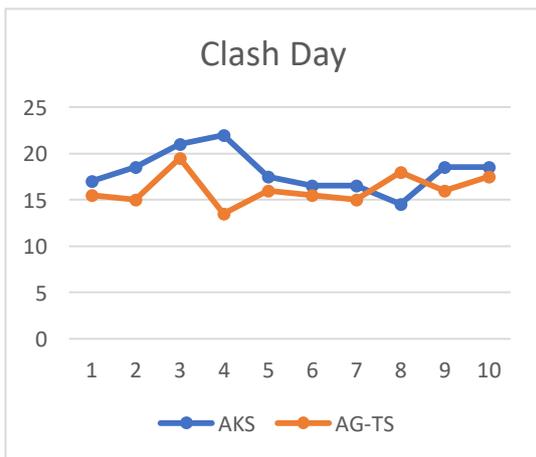
Gbr 9. Perubahan clash dosen tiap percobaan



Gbr 10. Perubahan clash ruangan tiap percobaan



Gbr 11. Perubahan clash class tiap percobaan



Gbr 12. Perubahan clash day tiap percobaan

Untuk mengukur keakuratan nilai fitness, maka dilakukan perhitungan manual nilai fitness dengan jumlah sampel 10 data untuk tiap tiap algoritma dengan hasil dapat dilihat pada tabel 9.

TABEL IX
HASIL SAMPLE NILAI FITNES

NO	AKS	AG-TS
1	0.2	0.5

Hasil percobaan algoritma koloni semut terdapat pada Gbr 13

No	Hari	Jam	Mata Kuliah	SKS	Kelas	Ruang	Dosen
1	Senin	16:20 - 18:30	Logika Informatika	3	1C	CK03	Dosen 13
2	Rabu	15:30 - 17:45	Logika Informatika	3	1B	Silwangi 3	Dosen 01
3	Kamis	09:30 - 11:00	Pendidikan Agama	2	1B	C12B	Dosen 16
4	Kamis	10:20 - 12:35	Kalkulus 1	3	1D	C12B	Dosen 03
5	Kamis	15:30 - 17:45	Pengantar Teknologi Informatika	3	1D	C12B	Dosen 04
6	Jumat	08:40 - 10:55	Logika Informatika	3	1D	Silwangi 4	Dosen 01
7	Jumat	10:20 - 12:35	Pengantar Teknologi Informatika	3	1B	Silwangi 3	Dosen 04
8	Jumat	16:20 - 18:35	Kalkulus 1	3	1C	C12B	Dosen 03
9	Sabtu	08:40 - 10:55	Logika Informatika	3	1A	CK03	Dosen 01
10	Sabtu	10:20 - 12:35	Pengantar Teknologi Informatika	3	1C	C12B	Dosen 04

Gbr 13. Hasil jadwal algoritma koloni semut
Dengan batasan hari dosen terdapat pada Gbr 14.

Kode	Nama Dosen	Hari	Aksi
D001	Dosen 01	Senin, Selasa	OK
D002	Dosen 02	Selasa, Rabu, Kamis, Sabtu	OK
D003	Dosen 03	Selasa, Kamis, Sabtu	OK
D004	Dosen 04	Jumat, Sabtu	OK
D005	Dosen 05	Senin, Sabtu	OK
D006	Dosen 06	Senin, Rabu, Kamis	OK
D007	Dosen 07	Rabu, Kamis	OK
D008	Dosen 08	Senin, Selasa, Jumat	OK
D009	Dosen 09	Senin, Rabu, Kamis, Sabtu	OK
D010	Dosen 10	Senin, Selasa, Kamis, Jumat	OK
D011	Dosen 11	Selasa, Sabtu	OK
D012	Dosen 12	Rabu, Jumat	OK
D013	Dosen 13	Senin, Kamis, Jumat, Sabtu	OK
D014	Dosen 14	Senin, Selasa, Kamis, Sabtu	OK
D015	Dosen 15	Senin, Rabu, Jumat, Sabtu	OK
D016	Dosen 16	Senin, Rabu, Jumat, Sabtu	OK

Gbr 14. Constraint

Dari hasil percobaan diatas terdapat pelanggaran batasan berupa kelas C12B pada hari Kamis dijadwalkan bersamaan, dosen1 yang mengajar dihari Rabu, Kamis, Sabtu, dosen16 yang mengajar pada hari Kamis, dosen3 yang mengajar pada hari jumat, serta dosen4 yang mengajar pada hari Kamis. Maka hasil nilai fitness sesuai persamaan 2 menjadi $Fitness = \frac{1}{1+0+0+1+3} = 0.2$ dan nilai fitness untuk algoritma semut terbukti.

Hasil percobaan algoritma genetika – tabu search dapat dilihat pada Gbr 15

No	Hari	Jam	Mata Kuliah	SKS	Kelas	Ruang	Dosen
1	Senin	10:20 - 12:35	Logika Informatika	3	1D	Silwangi 3	Dosen 01
2	Selasa	08:40 - 10:55	Logika Informatika	3	1B	Silwangi 4	Dosen 01
3	Selasa	15:30 - 17:45	Kalkulus 1	3	1C	Gedung baru C	Dosen 03
4	Rabu	09:30 - 11:00	Pendidikan Agama	2	1B	Silwangi 3	Dosen 16
5	Kamis	08:40 - 10:55	Kalkulus 1	3	1D	Silwangi 4	Dosen 03
6	Kamis	10:20 - 12:35	Pengantar Teknologi Informatika	3	1B	CK03	Dosen 04
7	Jumat	07:50 - 10:05	Logika Informatika	3	1C	CK03	Dosen 13
8	Jumat	10:20 - 12:35	Logika Informatika	3	1A	Silwangi 3	Dosen 01
9	Sabtu	07:50 - 10:05	Pengantar Teknologi Informatika	3	1D	Silwangi 3	Dosen 04
10	Sabtu	14:10 - 16:25	Pengantar Teknologi Informatika	3	1C	C15A	Dosen 04

Gbr 15. Hasil jadwal algoritma genetika – tabu search

Dengan batasan hari untuk dosen dapat dilihat pada Gbr 14. Dari hasil percobaan diatas pelanggaran hanya terdapat pada batasan hari dosen pada dosen1 yang mengajar pada hari jumat dan dosen4 yang mengajar pada hari sabtu. Maka nilai fitness yang didapat sesuai dengan persamaan 2 adalah $Fitness = \frac{1}{1+0+0+0+1} = 0.5$ dengan begitu nilai fitness untuk algoritma genetika – tabu search terbukti.

D. Analisis

Hasil Pengukuran penggunaan memori terhadap penjadwalan dengan menggunakan algoritma koloni semut dan algoritma genetika – tabu search. Dengan hasil algoritma koloni semut rata-rata menggunakan memori sebesar 8544.44 kilo bytes dan algoritma genetika – tabu search rata-rata menggunakan memori sebesar 17010.28 kilo bytes.

Hasil pengukuran waktu terhadap penjadwalan dengan menggunakan algoritma koloni semut dan algoritma genetika – tabu search. Dengan hasil algoritma koloni semut rata-rata membutuhkan waktu 12.22 detik dan algoritma genetika – tabu search rata-rata membutuhkan waktu 122.86 detik.

Hasil perhitungan nilai fitness terhadap penjadwalan dengan menggunakan algoritma koloni semut dan algoritma genetika – tabu search. Dengan hasil algoritma koloni semut rata-rata menghasilkan nilai fitness 0.0135, dengan rata rata nilai CD 18.2, CR 25.4, CK 12.4 dan CH 18.05 sedangkan algoritma genetika – tabu search rata-rata menghasilkan nilai fitness 0.0171 dengan rata rata nilai CD 14.2, CR 17, CK 10.2 dan CH 16.15. Hasil perbandingan algoritma bisa dilihat di tabel 10

TABEL X
 KESIMPULAN

Algoritma Parameter	AKS	AG – TS
Penggunaan Memory	8544.44	17010.28
Waktu	12.22	122.86
Nilai Fitness	0.0135	0.0171
CD	18.2	14.2
CR	25.4	17
CK	12.4	10.2
CH	18.05	16.15

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian ini, maka kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut. Kinerja algoritma koloni semut dalam penjadwalan menggunakan memori 33% lebih sedikit dibanding algoritma genetika – tabu search. Kinerja algoritma koloni semut menggunakan waktu 82% lebih cepat dalam menghasilkan penjadwalan. Nilai fitness algoritma genetika – tabu search lebih baik 11% dibandingkan dengan algoritma koloni semut.

Untuk penerapan kedalam penjadwalan disarankan menggunakan algoritma genetika – tabu search karna meskipun penggunaan memori tidak sehemat algoritma koloni semut dan penggunaan waktu tidak secepat algoritma koloni semut tapi algoritma genetika 11% lebih baik dinilai fitness dibandingkan algoritma koloni semut, yang artinya dalam penjadwalan algoritma genetika – tabu search jadwal yang bentrok lebih sedikit dibandingkan algoritma koloni semut.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa kekurangan dari penelitian ini. Karena metode

pengujian yang digunakan oleh penulis masih sederhana, maka penulis menyarankan untuk dilakukan pengujian kedua algoritma dengan metode yang lainnya. Dalam hasil penelitian ini, nilai fitness yang dihasilkan kurang dari satu yang artinya masih terdapat bentrok dalam penjadwalan. Maka penulis menyarankan untuk dilakukan penelitian pengoptimalan algoritma agar menghasilkan nilai fitness satu.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara moril maupun materil terhadap penelitian ini.

REFERENSI

- [1] D. R. Anamisa, "Implementasi Alokasi Jadwal Mata Pelajaran Smu Menggunakan Algoritma Koloni Semut," 2014.
- [2] K. A. T. Indah, "Komparasi Metode Ant Colony Optimazation dengan Tabu Search untuk Penjadwalan Perkuliahan," 2017.
- [3] V. T. R, "Perbandingan Basic Variant pada Algoritma Particle Swarm Optimization," 2015.
- [4] M. Madi, D. Markovi and M. Radovanovi, "Comparison of Meta-Heuristic Algorithms for Solvng Machining Optimization Problems," *Mechanical Engineering*, vol. 11, 2013.
- [5] F. Hillier and G. Lieberman, *Introduction to Operation Research*, New York: McGraw-Hill, 2010.
- [6] Rusianah, M. A. Muslim and S. H. Pramono, "Implementasi Algoritma Genetika-Tabu Search dalam Optimasi Penjadwalan Perkuliahan," 2016.
- [7] S. Kusumadewi, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.
- [8] M. Dorigo, " Ant Algorithms Solve Difficult Optimization Problems," in *In Advances in Artificial Life.*, Springer Berlin Heidelberg, 2001.
- [9] M. Dorigo, M. Birattari and T. Stützle, "Ant Colony Optimization," 2006.. [Online].
- [10] M. Negnevitsky, *Artificial Intteligence-A Guide to Intelligent Systems*, Edinburg: Addison Wesley, 2005.
- [11] F. Glover and M. Laguna, *Tabu Search*, Boston: Kluwer, 1997.
- [12] E. L. Mooney, *LARGE SCALE CLASSROOM SCHEDULING*, Montana State University: Industrial and Management Engineering Department, 1995.