



JURNAL SAINS DAN INFORMATIKA

RESEARCH OF SCIENCE AND INFORMATICS v5.i2

Vol.5No.2(2019)90-98

<http://ejournal.kopertis10.or.id/index.php/sains>

p-issn : 2459-9549

e-issn : 2502-096X

Implementasi Algoritma Genetika Pada Penjadwalan Program Profesional Jurusan Teknik Informatika Universitas Palangka Raya

Viktor Handrianus Pranatawijaya^{1a}, Putu Bagus Adidyana Anugrah Putra^{2b}

^aJurusan Teknik Informatika Universitas Palangka Raya, mail : viktorhp@it.upr.ac.id

^bJurusan Teknik Informatika Universitas Palangka Raya, mail : putubagus@it.upr.ac.id

Submitted: 15-10-2019, Reviewed: 13-11-2019, Accepted 15-11-2019

<http://doi.org/10.22216/jsi.v5i2.4659>

Abstract

Professional Program (PP) is one of the courses that must be taken by students of Informatics at Palangka Raya University. Scheduling greatly affects whether or not PP activities are smooth. Scheduling must be done carefully to avoid overlapping between one activity with another. Scheduling PP seminars is still done manually, causing slowness of scheduling and some scheduling errors, such as time conflicts, duplicate data. Genetic algorithms can be used in solving complex optimization problems, which are difficult for conventional methods. The application was created using the waterfall methodology. In the waterfall methodology through several stages, namely analysis, design, coding, and testing. The application created can help to make PP seminar schedules using genetic algorithms. Based on six tests, for data ranges 1-60 requires a long processing time, which ranges from 10 to 30 minutes. For data ranges 1 - 40 or medium and small data, the processing time requires only less than one minute.

Keyword : *Professional program, genetic algorithm, waterfall*

Abstrak

Program Profesional (PP) adalah salah satu mata kuliah yang harus diambil oleh mahasiswa Teknik Informatika Universitas Palangka Raya. Penjadwalan sangat mempengaruhi lancar atau tidaknya kegiatan PP. Penjadwalan harus dilakukan secara teliti agar tidak terjadi tumpang tindih antara kegiatan yang satu dengan yang lain. Penjadwalan seminar PP masih dilakukan secara manual sehingga menyebabkan lambatnya penjadwalan dan terjadi beberapa kesalahan dalam penjadwalan, seperti bentrok waktu, duplicate data. Algoritma genetika dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks, yang sulit untuk metode konvensional. Aplikasi dibuat menggunakan metodologi waterfall. Dalam metodologi waterfall melalui beberapa tahapan, yaitu analisis, desain, coding, dan pengujian. Aplikasi yang dibuat dapat membantu membuat jadwal seminar PP dengan menggunakan algoritma genetika. Berdasarkan enam pengujian, untuk rentang data 1-60 membutuhkan waktu pemrosesan yang lama, yang berkisar antara 10-30 menit. Untuk rentang data 1-40 atau data menengah dan kecil, waktu pemrosesan hanya membutuhkan kurang dari satu menit.

Kata Kunci : *Program profesional, algoritma genetika, waterfall*

© 2019 Jurnal Sains dan Informatika

1. Pendahuluan

Pada era teknologi yang sangat berkembang ini, teknologi komputer sangat dibutuhkan guna mempermudah kegiatan manusia dalam berbagai bidang. Kegiatan manusia yang dulunya masih dilakukan secara manual yang mana membutuhkan waktu yang relatif lama dalam pengerjaannya dapat dipermudah dan dioptimasi dengan bantuan teknologi komputer. Optimasi sendiri merupakan proses menyelesaikan suatu masalah tertentu

supaya berada pada kondisi yang paling menguntungkan dari suatu sudut pandang.

Program Profesional (PP) merupakan salah satu matakuliah yang wajib diambil oleh mahasiswa Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya sebagai persyaratan untuk mengambil matakuliah selanjutnya yaitu Kerja Praktik (KP). Pada kegiatan PP ada beberapa hal yang perlu dilakukan oleh koordinator PP, yaitu pendataan mahasiswa yang mengikuti PP, penentuan dosen pembimbing dan penguji,

membuat jadwal seminar akhir PP, dan memasukkan nilai PP.

Jurusan teknik Informatika memiliki enam belas (16) dosen dengan mahasiswa yang mengambil Program Profesional sekitar tiga puluh dua (32) setiap semesternya. Saat ini, setiap mahasiswa diharuskan untuk mendaftar dan mengumpulkan proposal PP di Jurusan Teknik Informatika. Setelah itu kordinator PP akan membagi mahasiswa tersebut dengan seluruh dosen di Jurusan untuk menjadi dosen pembimbing PP. Mahasiswa perlu membuat dan mencetak lembar konsultasi, evaluasi, pengesahan, dan persetujuan sebelum menemui dosen pembimbing. Setelah semua proses tersebut dilakukan, dosen kordinator PP akan membuat jadwal untuk pelaksanaan seminar PP. Membagi dosen pembimbing dan penguji dengan menentukan ruangan dan waktu untuk seminar. Penjadwalan seminar akhir PP sangat mempengaruhi lancar atau tidaknya kegiatan seminar. Oleh karena itu, penjadwalan harus dilakukan secara teliti agar tidak terjadi tumpang tindih antara kegiatan yang satu dengan kegiatan yang lain. Semua proses yang terdapat dalam pengelolaan PP saat ini masih dilakukan secara manual sehingga menyebabkan lambatnya hasil penjadwalan dan sering terjadi beberapa kesalahan dalam penjadwalan, seperti bentrok waktu membimbing dan menguji, terjadinya duplicate data penjadwalan, dan ada beberapa nama mahasiswa yang belum dimasukkan ke dalam jadwal.

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian yang berbasis pada mekanisme seleksi alam dan genetika. Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang sangat tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional. Algoritma genetika diperkenalkan pertama kali oleh John Holland (1975) dari Universitas Michigan. John Holland menyatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan ke dalam terminologi genetika. [1] Algoritma Genetik khususnya diterapkan sebagai simulasi komputer dimana sebuah populasi representasi abstrak (kromosom) dari solusi-solusi calon (individual) pada sebuah masalah optimisasi akan berkembang menjadi solusi-solusi yang lebih baik. [2]

Dari uraian permasalahan diatas, perlu adanya sebuah terobosan untuk membantu mengelola mata kuliah program profesional. Maka dari itu dibuatlah penelitian Implementasi Algoritma Genetika Pada Penjadwalan Seminar Program Profesional Jurusan Teknik Informatika Universitas Palangka Raya.

Penelitian sebelumnya bertujuan untuk analisa dan memperkaya pembahasan penelitian, serta membedakan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Analisis dan Desain Website Monitoring Konsultasi Bimbingan Kartu Rencana Studi (KRS) [3] dapat menambah pemahaman dalam menganalisis dan mendesain suatu sistem dilingkungan Universitas Palangka Raya.

Pengembangan Perangkat Lunak Generate File Untuk Migrasi Data EPSBED Ke Format Table Feeder PDDIKTI [4] dan Pengembangan Perangkat Lunak Generate File Akun Uang Kuliah Tunggal (UKT) Universitas Palangka Raya [5] dapat menambah pemahaman mengenai cara kerja generate file.

Rancang Bangun Website Sistem Informasi Praktikum Jurusan Teknik Informatika Univeritas Palangka Raya [6] dan Rancang Bangun Sistem Informasi Pencarian Data Mahasiswa Dan Dosen Pada Fakultas Hukum Universitas Palangka Raya [7] dapat digunakan sebagai dasar dalam otomatisasi pembuatan informasi berdasarkan data-data tertentu.

Sistem Informasi Geografis Mencari Rute Lokasi Travel Di Kota Palangka Raya Berbasis Website [8] dan Penerapan Algoritma Levenshtein Distance Untuk Pencarian Pada Sistem Informasi Perpustakaan Fakultas Kedokteran Universitas Palangka Raya [9] memberikan cara untuk pengelolaan data dengan menggunakan algoritma tertentu.

2. Metodologi Penelitian

1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan tahap pengambilan data atau sampel yang berhubungan dengan permasalahan yang sedang dibahas. Pengumpulan data yang dilakukan pada proses ini, meliputi :

(1). Observasi, tahap ini dilakukan dengan cara peninjauan langsung objek penelitian sehingga mendapatkan data yang aktual dari hasil penelitian yang dilakukan.

(2). Studi kepustakaan dan studi literatur, tahap ini dilakukan dengan cara Penelitian ini dilakukan untuk melengkapi perbendaharaan kaidah, konsep, teori dan lain- lain, sehingga menjadi suatu yang mempunyai landasan dan keilmuan yang mantap, selain itu penelitian ini juga melakukan penelitian pada beberapa material yang sudah ada, baik itu

buku-buku, jurnal-jurnal, majalah-majalah yang ada hubungannya dengan penelitian ini.[10]

2. Metode Konsultasi

Mengkonsultasikan mengenai permasalahan yang akan dibahas.

3. Metode Pengembangan Sistem

Model yang digunakan merupakan suatu hasil dari siklus hidup pengembangan perangkat lunak Model *Waterfall* [11] yaitu pada tahap analisis, desain, implementasi dan pengujian. Berikut ini merupakan beberapa tahapan penelitian, yaitu:

(1) Studi Pustaka dan Observasi

Metode ini melakukan studi pustaka terhadap buku, jurnal ilmiah nasional dan internasional sebagai pendukung dalam penelitian.

(2) Analisis Sistem

Proses pencarian kebutuhan difokuskan pada software untuk mengetahui sifat dari aplikasi yang akan dibuat, pemodelan proses bisnis menggunakan *Use Case Diagram* dan *Class Diagram*.

(3) Desain Sistem

Proses ini digunakan untuk membuat *blueprint* software seperti, perancangan basis data dan perancangan *interface*.

(4) Implementasi

Proses ini akan dilakukan pembuatan perangkat lunak sesuai dengan perancangan basis data dan antar muka yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya.

(5) Pengujian Sistem

Proses pengujian akan dilakukan dengan *Blackbox Testing* yang disertai dengan melakukan simulasi data. Pengujian *BlackBox* adalah pengujian aspek fundamental sistem tanpa memperhatikan struktur logika internal perangkat lunak. [12] Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah perangkat lunak berfungsi dengan benar.

3. Hasil dan Pembahasan

genetika adalah analisis kebutuhan data yang akan digunakan pada proses algoritma genetika. Data yang akan digunakan dalam proses algoritma

genetika adalah data mahasiswa, data dosen, data jam, data hari dan data ruang. Berdasarkan Berdasarkan data pada tabel mahasiswa dan dosen, koordinator PP akan menentukan dosen pembimbing dan penguji pada data penetapan.

Proses algoritma genetika adalah

(1) Inisialisasi Populasi. Proses inisialisasi populasi dilakukan dengan membangkitkan sejumlah kromosom untuk membentuk populasi awal secara acak. Berdasarkan data-data diatas akan dibuat jadwal sementara (jadwal yang dibuat secara random) untuk dijadikan sebagai kromosom populasi awal.

(2) Menghitung *Fitness Value Gen* dan Kromosom. Menghitung F_g kromosom 1 dengan membandingkan gen kromosom dengan gen kromosom lainnya sampai kromosom terakhir, langkah ini akan dilakukan kembali untuk menghitung F_g tiap-tiap kromosom. F_g ini dilakukan dengan memberikan nilai 1 pada *penalty* jika terdapat pelanggaran dan memberikan nilai 0 pada *penalty* jika tidak terjadi pelanggaran. K_1 akan dibandingkan sampai K_n , setelah selesai dihitung jumlah F_g kromosom 1, kemudian akan dihitung nilai *fitness* kromosom kumulatifnya dengan menjumlahkan nilai *fitness* gen hasil dari perbandingan K_1 dengan K_2 sampai K_n .

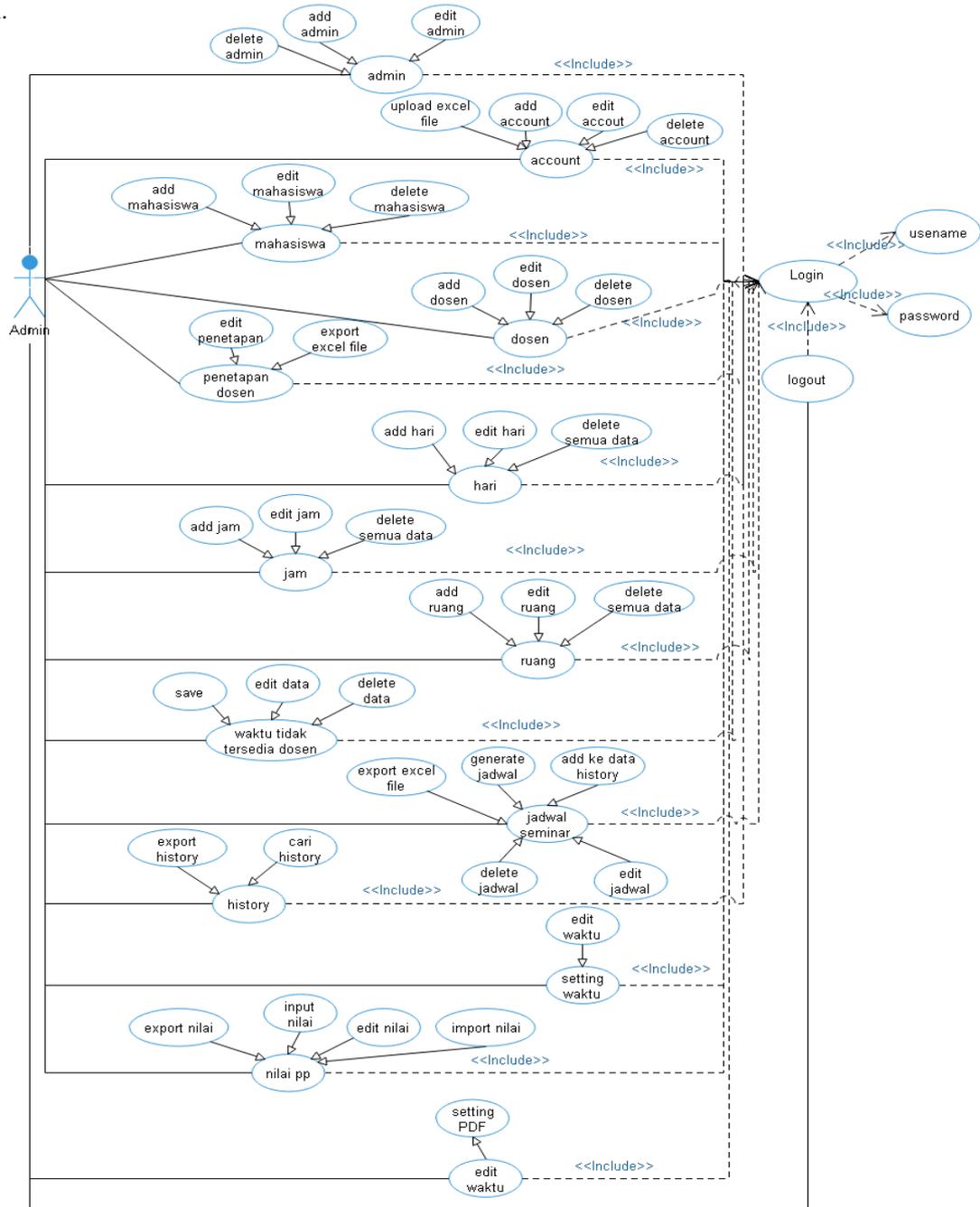
(3) Rank Selection. Pada proses seleksi ini digunakan *rank selection* terlebih dahulu meranking atau mengurutkan kromosom di dalam populasi berdasarkan *fitness*-nya kemudian memberi nilai *fitness* baru bernilai 1, terburuk kedua bernilai 2, dan seterusnya, kromosom terbaik diberi nilai *fitness* baru sebesar n dimana n adalah banyak kromosom dalam suatu populasi. Setelah proses pengurutan, setiap kromosom akan memiliki kesempatan yang lebih adil untuk terpilih. Pada penelitian ini akan digunakan linear *rank selection*. Kemudian langkah selanjutnya data yang sebelumnya akan dipilih menjadi parent dan diurutkan kembali berdasarkan nomer *parent* atau induknya.

(4) *Crossover*. Metode *crossover* yang digunakan adalah *two-point crossover* (penyilangan dua titik) dengan tahapan menentukan dua buah titik *crossover* secara acak dan menggabungkan bagian-bagian dari dua buah kromosom induk yang terpilih. proses ini akan dilakukan sebanyak jumlah kromosom yang memiliki nilai $R_c \leq cp$. Pada proses *crossover* masing-masing parent kromosom akan di *crossover*-kan ke *parent* sebelahnya.

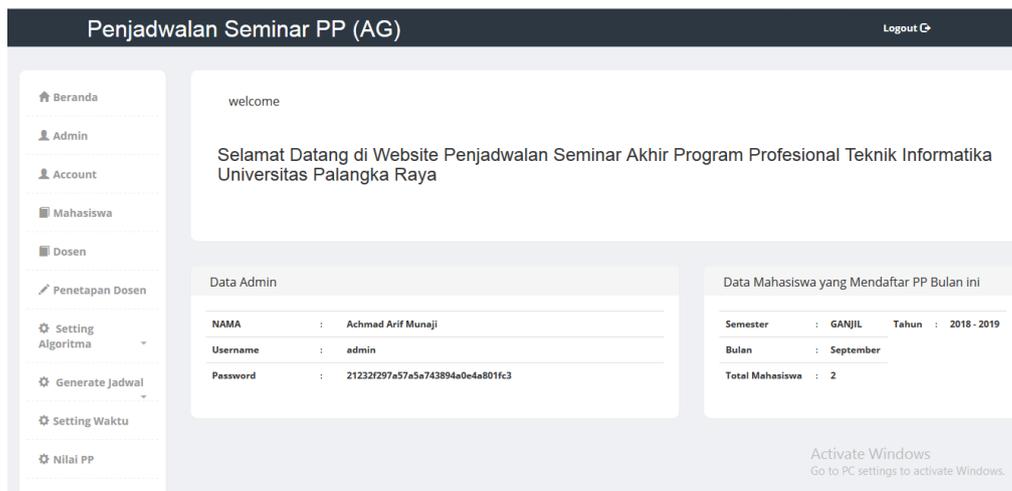
(5) Mutasi. Banyaknya kromosom yang akan mengalami proses mutasi ditentukan oleh *mutation rate* (mr) dengan langkah menentukan satu alel yang akan dilakukan mutasi secara acak dan mengganti alel hari dan ruangan tersebut dengan kode hari acak dari 1 sampai jumlah hari, kode jam acak dari 1 sampai jumlah jam, dan kode ruangan acak dari 1 sampai jumlah ruangan.

(6) Regenerasi. Regenerasi adalah mengembalikan individu-individu hasil *crossover* dan mutasi ke populasi.

Proses pemodelan system yang dibuat menterjemahkan syarat kebutuhan ke sebuah perancangan software yang dapat diperkirakan sebelum dibuat *coding*. Untuk menggambarkan batasan sistem dan fungsi-fungsi sistem secara umum pada website PP akan digunnakkan UML. UML berfungsi sebagai jembatan dalam mengkomunikasikan beberapa aspek dalam sistem melalui sejumlah elemen grafis yang bisa dikombinasikan menjadi diagram.



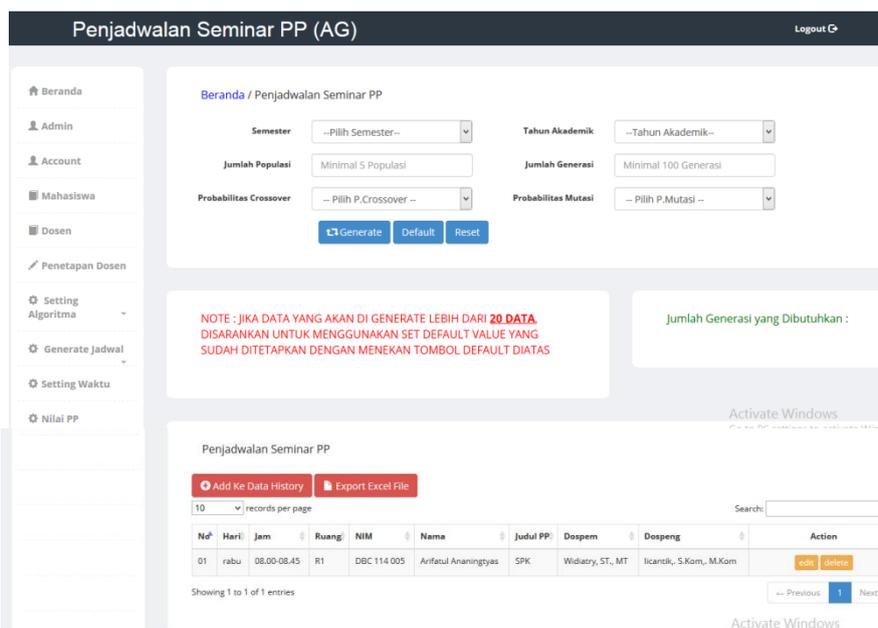
Gambar 1. Use case diagram



Gambar 4. Implementasi Menu Beranda Halaman Admin



Gambar 5. Implementasi Menu Penetapan Dosen



Gambar 6. Implementasi jadwal seminar PP

Pengujian Algoritma Genetika ini akan dilakukan beberapa percobaan untuk mencari nilai optimal jumlah populasi, jumlah generasi, probabilitas *crossover*, dan probabilitas mutas. Sehingga dengan pengujian ini akan diketahui nilai yang harus digunakan pada jumlah populasi, jumlah generasi, probabilitas *crossover*, dan probabilitas mutas agar diperolehnya solusi yang optimal. Berikut adalah data jumlah populasi, jumlah generasi, probabilitas *crossover*, dan probabilitas mutasi beserta hasil pengujiannya :

Tabel 1. Pengujian Jumlah Populasi

No	Jumlah Populasi	Rata-rata Nilai Fitness
1	10	0.261068931
2	20	0.272559683
3	30	0.195682865
4	40	0.21802903
5	50	0.202566348
6	60	0.264760978
7	70	0.219729239
8	80	0.206075694
9	90	0.189608209
10	100	0.196496501

Tabel 2. Pengujian Jumlah Generasi

No	Jumlah Generasi	Rata-rata Nilai Fitness
1	100	0.222359862
2	200	0.244319292
3	300	0.179380619
4	400	0.232404956
5	500	0.334920635
6	600	0.23107018
7	700	0.19334642
8	800	0.232030282
9	900	0.180246371
10	1000	0.201713376

Tabel 3. Pengujian Probabilitas *Crossover*

No	PC	Rata-rata Nilai Fitness
1	0.10	0.188411262
2	0.20	0.331870491
3	0.30	0.26492119
4	0.40	0.287243867
5	0.50	0.21289738

6	0.60	0.220634921
7	0.70	0.203644689
8	0.80	0.24619228
9	0.90	0.247303391
10	1.00	0.278098846

Tabel 4. Pengujian Probabilitas Mutasi

No	PM	Rata-rata Nilai Fitness
1	0.10	0.333703495
2	0.20	0.287678571
3	0.30	0.276709957
4	0.40	0.27367119
5	0.50	0.349484127
6	0.60	0.189463037
7	0.70	0.212024365
8	0.80	0.186835477
9	0.90	0.204702936
10	1.00	0.298650794

Dalam pengujian pencarian nilai optimum jumlah generasi, jumlah populasi, probabilitas *crossover*, dan probabilitas mutasi didapatkan hasil sebagai berikut :

- Rata-rata nilai *fitness* tertinggi untuk jumlah populasi adalah 0.272559683 dan jumlah populasi yang digunakan adalah 20.
- Rata-rata nilai *fitness* tertinggi untuk jumlah generasi adalah 0.334920635 dan jumlah generasi yang digunakan adalah 500.
- Rata-rata nilai *fitness* tertinggi untuk probabilitas *crossover* adalah 0.331870491 dan probabilitas *crossover* yang digunakan adalah 0.20.
- Rata-rata nilai *fitness* tertinggi untuk probabilitas mutasi adalah 0.349484127 dan probabilitas mutasi yang digunakan adalah 0.50.

Berdasarkan 6 pengujian, untuk range data 1 – 60 keatas memerlukan waktu pemrosesan yang lumayan lama yaitu berkisaran 10 – 30 menit. Untuk range data 1 – 40 atau data sedang dan kecil, waktu pemrosesan hanya memerlukan waktu kurang dari 1 menit.

Ada beberapa faktor yang memengaruhi lamanya proses algoritma genetika diatas, yaitu : (1) ketika persebaran dosen pembimbing dan penguji tidak merata, ada beberapa dosen yang membimbing ataupun menguji 2 kali lebih banyak dari dosen pembimbing dan penguji lainnya. (2) Jumlah hari, jam, dan ruang yang tidak sesuai dengan besarnya jumlah mahasiswa yang akan mengikuti seminar, contohnya: jika jumlah mahasiswa yang mengikuti seminar berjumlah 20 orang

dan hari yang ditetapkan untuk kegiatan seminar adalah 2 hari, maka minimal jam dan ruang yang disediakan adalah 4. Jika 1 jam bisa dilakukan kegiatan seminar sebanyak 4 kali pada ruangan yang berbeda, maka jumlah total 4 jam dan 4 ruang adalah 32 kali kegiatan seminar. Semakin banyaknya waktu yang dapat digunakan untuk kegiatan seminar, semakin kecil pula kemungkinan terjadinya bentrok dosen pembimbing yang menguji ataupun membimbing pada waktu yang sama dan dosen penguji yang membimbing ataupun menguji pada waktu yang sama. Jadi sebelum admin melakukan proses *generate* jadwal, admin harus menghitung berapa banyak kemungkinan dapat dilakukan kegiatan seminar pada hari, jam, dan ruang yang sudah ditentukan dengan jumlah mahasiswa yang mengikut seminar, untuk menghindari lama dan kemungkinan tidak didapatkannya solusi yang optimal.

Tabel 5. Pengujian Backbox

No.	Kondisi awal	Hal yang dilakukan	Kondisi akhir	Hasil test
1.	Melakukan kelola data jadwal seminar	Meng- <i>generate</i> data jadwal seminar: salah satu data tidak terisi	<i>Error</i> , data tidak boleh kosong	OK
2.	Melakukan kelola data jadwal seminar kembali	Meng- <i>generate</i> data jadwal seminar: semua data kosong	<i>Error</i> , data tidak boleh kosong	OK
3.	Melakukan kelola data jadwal seminar kembali	Meng- <i>generate</i> data jadwal seminar: semua data terisi	Sukses, data berhasil di <i>generate</i>	OK
4.	Melakukan kelola data jadwal seminar kembali	Menambah ke data <i>history</i> jadwal seminar	Sukses, data berhasil disimpan	OK
5.	Melakukan kelola data jadwal seminar kembali	Menambah ke data nilai PP	Sukses, data berhasil disimpan	OK
6.	Melakukan kelola data jadwal seminar kembali	Mengubah data jadwal seminar: salah satu data tidak terisi	<i>Error</i> , data tidak boleh kosong	OK
7.	Melakukan kelola data jadwal seminar kembali	Mengubah data jadwal seminar: semua data <u>kosong</u>	<i>Error</i> , data tidak boleh kosong	OK
8.	Melakukan kelola data	<u>Mengubah data</u>	Sukses, data	OK

	jadwal seminar kembali	jadwal seminar: semua data terisi	berhasil dirubah	
9.	Melakukan kelola data jadwal seminar kembali	Meng- <i>export</i> data jadwal seminar	Sukses, data berhasil di <i>export</i>	OK
10.	Melakukan kelola data jadwal seminar kembali	Menghapus data jadwal seminar	Sukses, data berhasil dihapus	OK

Backbox testing dilakukan untuk menguji aplikasi yang telah dibuat. Pengujian menggunakan metode pengujian *blackbox* testing dimana yang akan diuji adalah fungsionalitas fitur-fitur pada aplikasi yang telah dibuat. Berdasarkan hasil pengujian semua fitur pada aplikasi dapat berfungsi dan berjalan dengan baik.

5. Kesimpulan

Tahap-tahap algoritma genetika yang digunakan pada penelitian ini, yaitu inialisasi populasi awal, penghitungan nilai *fitness*, *rank selection (linear rank selection)*, *crossover (two-point crossover)*, mutasi, dan regenerasi. nilai optimum jumlah populasi adalah 20, nilai optimum jumlah generasi adalah 500, nilai optimum probabilitas *crossover* adalah 0.20, dan nilai optimum probabilitas mutasi adalah 0.50. Faktor yang mempengaruhi proses algoritma genetika adalah persebaran dosen pembimbing dan penguji tidak merata dan jumlah hari, jam, dan ruang yang tidak sesuai dengan besarnya jumlah mahasiswa. Pengujian fungsionalitas program menggunakan *blackbox* testing dimana fitur-fitur pada aplikasi sudah dapat berfungsi dan berjaan dengan baik.

6. Daftar Rujukan

[1] Holland, J. H., 1975, *Adaptation in Natural and Artificial Systems, An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*, A Bradford Book, Cambridge.

[2] Kinnear, K. E. (1994). Kinnear, K., E, 1994, *A Perspective on the Work in this Book*. In K. E. Kinnear (Ed.), *Advances in Genetic Programming*, MIT Press, Cambridge

[3] Putra, P. B. A. A., Sari, N. N. K dan Pranatawijaya, V. H. 2017. Analisis Dan Desain Website Monitoring Konsultasi Bimbingan Kartu Rencana Studi (KRS). *Jurnal Teknologi Informasi*. Volume 11, Nomor 1, Januari 2017

[4] Pranatawijaya, V. H., Putra, P. B. A. A dan Gunawan, V. A. 2016. Pengembangan Perangkat Lunak Generate File Untuk Migrasi Data EPSBED Ke Format Table Feeder PDDIKTI. *Jurnal Saintekom*, Vol 6, No. 2, September 2016

[5] Pranatawijaya, V. H., Putra, P. B. A. A., Widiatry, W dan Sari, N. N. K. 2018. Pengembangan Perangkat Lunak Generate File Akun Uang Kuliah Tunggal (UKT) Universitas Palangka Raya. *Jurnal Saintekom*, Vol 6, No. 2, September 2018

- [6] Widiatry, W. Rancang Bangun Website Sistem Informasi Praktikum Jurusan Teknik Informatika Univeritas Palangka Raya. Jurnal Saintekom, Vol 8, No. 2, Maret 2017
- [7] Putra, P. B. A. A., Pranatawijaya, V. H., Widiatry, W., Lisa. 2017. Rancang Bangun Sistem Informasi Pencarian Data Mahasiswa Dan Dosen Pada Fakultas Hukum Universitas Palangka Raya. Jurnal Teknologi Informasi. Volume 11, Nomor 2, Agustus 2017
- [8] Pranatawijaya, V. H., Putra, P. B. A. A., Widiatry, W dan Sari, N. N. K. 2018. Sistem Informasi Geografis Mencari Rute Lokasi Travel Di Kota Palangka Raya Berbasis Website. Jurnal Teknologi Informasi. Volume 13, Nomor 1, Oktober 2019
- [9] Widiatry, W., Sari, N. N. K., Pranatawijaya, V. H., dan Putra, P. B. A. A. 2019 Penerapan Algoritma Levenshtein Distance Untuk Pencarian Pada Sistem Informasi Perpustakaan Fakultas Kedokteran Universitas Palangka Raya. Jurnal Saintekom, Vol. 9, No. 1, Maret 2019.
- [10] Iswandi, E. 2016. analisa dan perancangan sistem informasi penagihan purchasing order customer studi kasus pada cv. vertical cipta relasi padang dengan metode centralized data processing. Jurnal TeknoIf. Volume 4, Nomor 2, Mei 2016
- [11] Pressman, S. Roger. 2010. Pendekatan Praktisi Rekayasa. Perangkat Lunak. Edisi 7. Penerbit Andi. Yogyakarta. Halaman 45 – 46
- [12] Harsh, B., Khanna, E dan Sudha. 2014. Black Box Testing based on Requirement Analysis and Design Specifications. International Journal of Computer Applications (0975 –8887). Volume 87–No.18, (February)