



Penerapan Algoritma Genetika dalam Penjadwalan Penerbangan di Bandara Internasional Lombok

Raehanatul Mardiyah^{a,*}, Mamika Ujianita Romdhini^b, Irwansyah^c

^aProgram Studi Matematika, FMIPA, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, 83125, Indonesia.
Email: raehanatulm@gmail.com

^bProgram Studi Matematika, FMIPA, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, 83125, Indonesia.
Email: mamika_ur@yahoo.com

^cProgram Studi Matematika, FMIPA, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, 83125, Indonesia.
Email: irw@unram.ac.id

ABSTRACT

Flight schedule arrangement is important to deliver the optimum service at Bandara Internasional Lombok. Usually this arrangement done manually. This method proved less in accuracy and has a disadvantage in schedule overlap. This research is aim to find out the optimum flight schedule in Bandara Internasional Lombok. This method used was genetic algorithm. This algorithm is best on complexity problem with some generate individual to rate fitness and make evolutionary process consisting of selection, crossover, and mutation. Based on the results of the analysis that has been done, the result of the best flight schedule arrangement is obtained from the best individual with best parameters are population rate 10, generation number 10, crossover and mutation rate on 0,01 with the best fitness on 1. The best individual keep 108 time slots with 10 minutes estimation every slot. This slots determined the time of take off and landing of aircrafts.

Keywords : Bandara Internasional Lombok (BIL), *Flight Schedule*, *Genetic algorithm*, *Optimization*.

1. Pendahuluan

Transportasi merupakan suatu hasil karya yang dapat memudahkan manusia dalam melakukan segala aktivitas, baik dalam urusan pekerjaan maupun liburan. Perkembangan transportasi yang semakin lama semakin maju memberikan tingkat kepuasan tersendiri bagi masyarakat. Salah satu alat transportasi yang digunakan adalah pesawat. Pesawat merupakan alat transportasi udara yang dapat mempermudah dalam melakukan perjalanan antara pulau, negara, maupun benua, dengan waktu yang lebih efisien dibandingkan menggunakan alat transportasi

darat atau laut. Namun, dalam penggunaan alat transportasi udara ini sering kali ditemui beberapa kendala yang dapat berpengaruh terhadap pengguna jasa transportasi udara. Hal yang paling mengemuka adalah sering terjadi penundaan keberangkatan (*delay*) atau pembatalan keberangkatan (*cancel*) penerbangan. Hal tersebut Selain dapat menimbulkan kerugian bagi pihak maskapai dan juga kerugian bagi penumpang, sehingga hal-hal tersebut harus dapat dihindarkan dengan membuat sistem penjadwalan yang efektif.

Suatu penjadwalan dibuat secara efektif agar tidak mengalami masalah tabrakan jadwal dengan jadwal penerbangan lainnya (Fajar, 2018). Jam pada penjadwalan

* Corresponding author

Alamat e-mail: raehanatulm@gmail.com

penerbangan memiliki esensi yang sangat vital dalam suatu penerbangan. Oleh karena itu, suatu penerbangan harus menentukan jam penerbangan secara tepat agar tidak terjadi bentrok antar satu penerbangan dengan penerbangan lainnya. Dengan demikian, menentukan jam penjadwalan penerbangan tidak dapat dilakukan sembarangan, melainkan dengan menggunakan beberapa metode yang telah terbukti dapat membuat jadwal penerbangan menjadi efektif. Metode yang digunakan adalah metode algoritma genetika.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam penjadwalan, antara lain pewarnaan graf, algoritma semut, dan algoritma genetika. Namun di antara metode-metode tersebut, pada penelitian ini akan diterapkan metode algoritma genetika di karenakan metode tersebut dapat merepresentasikan data dengan jumlah yang banyak, sedangkan metode pewarnaan graf hanya dapat merepresentasikan data dengan jumlah yang lebih sedikit. Untuk metode algoritma semut menurut Ahmad (2016), penyelesaian optimal algoritma genetika memiliki waktu yang lebih cepat dengan penyimpanan memori yang lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan metode algoritma semut.

Algoritma genetika dimulai dengan memilih himpunan penyelesaian yang direpresentasikan dengan kromosom yang disebut dengan populasi. Solusi dari suatu populasi diambil untuk membentuk populasi baru yang pemilihannya tergantung dari nilai *fitness*. Hal ini diharapkan agar populasi baru yang terbentuk akan lebih baik dari populasi terdahulu. Proses ini dilakukan berulang-ulang sampai terpenuhi kondisi tertentu (Mawaddah dan Mahmudy, 2006).

2. Landasan Teori

2.1 Penjadwalan

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia, jadwal merupakan pembagian waktu berdasarkan rencana pengaturan urutan kerja. Jadwal juga didefinisikan sebagai daftar, tabel kegiatan atau rencana kegiatan dengan pembagian waktu pelaksanaan yang terperinci (Wahyuni, 2017).

Penjadwalan sesungguhnya adalah penyusunan jadwal yang menyesuaikan dengan sejumlah batasan atau *constraint*. *Constraint* yang digunakan sangat bergantung dengan permasalahan dan kesepakatan orang-orang yang terlibat di dalam permasalahan tersebut. Terdapat 2 macam kategori *constraint*, yaitu *Hard constraint* dan *soft constraint*, penjadwalan tidak akan bekerja jika *constraint* tersebut dilanggar. *Hard constraint* merupakan *constraint* yang tidak dapat dilanggar sedangkan *soft constraint* merupakan *constraint* yang masih dapat dilanggar (Qoiriah, 2014).

2.2 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan suatu metode heuristik yang dikembangkan berdasarkan prinsip genetika dan proses seleksi alamiah Teori Evolusi Darwin. Metode optimasi dikembangkan oleh John Holland sekitar tahun 1960-an dan dipopulerkan oleh salah seorang mahasiswanya, David Goldberg pada tahun 1980-an. Proses pencarian penyelesaian atau proses terpilihnya sebuah penyelesaian dalam algoritma ini berlangsung sama seperti terpilihnya suatu individu untuk bertahan hidup dalam proses evolusi (Zukhri, 2014).

Tiga aspek yang penting untuk penggunaan algoritma genetika (Nugraha, 2008):

1. Definisi fungsi *fitness*
2. Definisi dan implementasi representasi genetik
3. Definisi dan implementasi operasi genetik

Komponen-komponen utama dalam algoritma genetika, yaitu :

1. Teknik Pengkodean
Teknik pengkodean adalah bagaimana mengkodekan gen dari individu, dimana gen merupakan bagian dari individu. Satu gen biasanya akan mewakili satu variabel (Kusumadewi, 2003).
2. Menentukan Populasi Awal dan Inisialisasi Individu
Populasi awal dibangkitkan secara *random*, dimana populasi tersebut berisi beberapa individu yang telah didefinisikan. Ukuran populasi tergantung pada masalah yang akan diselesaikan, dan panjang satu individu ditentukan berdasarkan permasalahan yang diteliti.
3. Evaluasi *Fitness*
suatu individu dievaluasi berdasarkan fungsi *fitness*. Nilai *fitness* suatu individu menggambarkan kualitas individu dalam populasi tersebut. Semakin tinggi nilai *fitness* individu yang didapatkan, maka semakin bagus kualitas individu tersebut, sebaliknya jika nilai *fitness* yang didapatkan rendah, maka semakin buruk kualitas individu tersebut
4. Seleksi
Seleksi merupakan proses dalam algoritma genetika untuk memilih kromosom yang tetap bertahan dalam populasi. Kromosom yang terpilih mempunyai kemungkinan untuk dipasangkan dengan kromosom lain atau mengalami proses penyilangan sebanding dengan probabilitas penyilangan yang menghasilkan kromosom anak (Zukhri, 2014). Terdapat beberapa metode dalam seleksi, yaitu *rank-based fitness*, *roulette wheel selection*, *stochastic universal sampling*, *local selection*, *truncation selection*, *tournament selection*.
5. Pindah silang (*Crossover*)
Penyilangan (*crossover*) digunakan sebagai metode pemotongan individu secara acak dan merupakan gabungan dari bagian pertama dari individu induk 1 dengan bagian kedua individu induk 2 (Suyanto, 2005)
6. Kriteria Berhenti
Kriteria berhenti yang biasa digunakan adalah batas nilai fungsi *fitness*, batas nilai fungsi objektif, batas

waktu komputasi, banyak generasi dan terjadinya konvergensi. Pemilihan syarat berhenti yang paling tepat sangat bergantung pada tingkat kerumitan masalah yang digunakan. Untuk sebuah kasus mungkin sekali syarat berhenti yang paling cocok adalah batas nilai fungsi *fitness*, tetapi belum tentu syarat berhenti ini bisa diterapkan untuk kasus lainnya. Syarat berhenti yang biasanya dipakai adalah banyak generasi (Zukhri, 2014).

3. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian terapan dan komputasi (*applied research and computing research*) yaitu penelitian yang kegunaannya diarahkan dalam rangka memecahkan masalah-masalah pada kehidupan nyata.

Data yang digunakan merupakan data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari situs <http://www.wego.co.id> diakses pada tanggal 21 Januari 2018 dan data primer yang diperoleh dari wawancara langsung karyawan Bandara Internasional Lombok, yang berupa :

- Data maskapai kota tujuan dan kota asal
- Data fasilitas bandar udara

Metode-metode yang digunakan dalam Penjadwalan penerbangan menggunakan algoritma genetika antara lain sebagai berikut:

1. Langkah awal yang dilakukan adalah studi literatur yaitu dengan mencari, mendapatkan, dan mengumpulkan dasar-dasar teori mengenai metode algoritma genetika.
2. Identifikasi masalah diperlukan agar peneliti dapat benar-benar menemukan masalah ilmiah yang ada.
3. Penentuan *computing approach* dilakukan untuk memecahkan masalah menggunakan algoritma dengan bantuan komputer dan perhitungan secara matematika.
4. Pengumpulan data dari situs tiket yang berupa maskapai dengan kota tujuan dan kota asal.
5. Pengolahan data dengan menggunakan algoritma genetika.
6. Kemudian mengimplementasikan algoritma genetika ke dalam proses komputer.
7. Didapatkan jadwal yang optimal.
8. Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan ini untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian.

4. Pembahasan

4.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian yang telah dilakukan di Bandara Internasional Lombok, peneliti mendapatkan 40 penerbangan untuk keberangkatan, dan 40 penerbangan untuk kedatangan pada setiap harinya. 80 penerbangan tersebut terdiri dari 5 maskapai penerbangan yaitu Lion

Air, Garuda Indonesia, Wings Air, Citilink Indonesia, dan Batik Air, dengan 10 tujuan dan kedatangan kota berbeda yang terdiri dari Bima, Sumbawa Besar, Denpasar, Makassar, Surabaya, Solo, Yogyakarta, Semarang, Bandung, dan Jakarta. Dengan jam operasional penerbangan dilaksanakan dari jam 06.00 - 00.00 (18 jam) perhari. Dalam penjadwalan ini waktu dibagi menjadi 3 sesi yaitu sesi pagi (06.00-12.00), sesi siang (12.00-18.00) dan sesi malam (18.00-00.00). Di mana dalam 1 penerbangan (lepas landas atau pendaratan) diberikan waktu 10 menit. Data representasi 80 maskapai kota tujuan dan kota asal terlampir.

4.2 Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Genetika

Berikut merupakan urutan langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan menggunakan metode algoritma genetika, yaitu:

a. Representasi Gen dan Individu

Pada penjadwalan ini data yang didapatkan akan direpresentasikan ke dalam bentuk gen, dimana gen tersebut merupakan representasi dari maskapai kota tujuan dan kota asal yang berbeda. Gen-gen tersebut akan membentuk suatu individu. Untuk mempresentasikan individu dalam penjadwalan ini, gen yang membentuk individu berisikan slot waktu dan nama maskapai dengan kota tujuan atau kota asal tertentu. Slot waktu penerbangan terdiri dari 1 landasan pacu (*runway*) x 6 (penerbangan dalam sejam) x 18 (waktu operasional BIL dalam sehari) = 108 slot penerbangan dalam sehari. Tabel dari 108 slot waktu terlampir.

b. Pembangkitan Populasi Awal

Membangkitkan populasi awal adalah proses membangkitkan sejumlah individu secara acak. Populasi awal dibentuk dari sejumlah individu. Setiap individu berisi 80 gen. Gen-gen yang mengisi masing-masing individu dibangkitkan secara acak (*random*). Pada pembangkitan populasi ini digunakan 10 individu *random*.

c. Fungsi Fitness

Perhitungan nilai *fitness* sangat berpengaruh terhadap terjadinya suatu pelanggaran atau *constraint* dalam suatu individu. Pada penyusunan penjadwalan ini digunakan 2 buah pelanggaran. Pada setiap pelanggaran atau *constraint* dalam individu, maka akan terdapat nilai pinalti seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Pinalti *Constraint*

Pelanggaran / <i>Constraint</i>	Erorr	Pinalti
Bentrok pada slot waktu (<i>hard constraint</i>)	k_1	10

Salah penempatan gen pada slot waktu (*soft constraint*) h_2 5

Rumus *fitness* sebagai berikut (Suyanto, 2014):

$$f = \frac{1}{1 + e^{h_1 + h_2}}$$

dengan : f = Nilai *fitness*

h = Nilai *error* ($h_1 + h_2$)

a = bilangan bulat positif yang cukup kecil bernilai 1

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus di atas, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.2 Nilai *Fitness*

Individu	Nilai <i>Fitness</i>
Individu 1	0.16667
Individu 2	0.16667
Individu 3	0.16667
Individu 4	0.16667
Individu 5	0.16667
Individu 6	0.16667
Individu 7	0.16667
Individu 8	0.16667
Individu 9	0.16667
Individu10	0.16667

Nilai *fitness* yang tinggi (terbaik) akan bertahan hidup dibandingkan dengan nilai *fitness* yang bernilai rendah. Nilai *fitness* yang terbaik inilah yang menentukan tingkat kualitas individu dan akan dibawa ke generasi selanjutnya.

d. Seleksi

Proses seleksi merupakan proses memilih individu-individu yang akan dipertahankan dalam populasi selanjutnya. Proses seleksi yang digunakan adalah seleksi peringkat (*fitness ranking*). Prosesnya adalah individu-individu dalam suatu populasi diurutkan berdasarkan nilai *fitness*-nya. Individu dengan nilai *fitness* yang lebih tinggi menempati peringkat yang lebih tinggi atau mempunyai urutan lebih awal. Dengan menggunakan bantuan komputer didapatkan induk-induk (*parent*) yang terpilih secara acak (*random*). Proses seleksi ini menggunakan 5 individu seleksi, dalam satu kali seleksi didapatkan 2 individu, sehingga total individu yang didapatkan untuk seleksi adalah 10 individu.

e. Pindah Silang (*Crossover*)

Proses pindah silang (*crossover*) menghasilkan sebuah individu baru yang disebut anak (*child*). Pindah silang yang digunakan adalah pindah silang yang paling sederhana yaitu pindah silang (*one-point crossover*). Dimana pindah silang ini membagi individu menjadi 2 bagian. Untuk hasil anak 1 bagian pertama dari induk satu digabungkan dengan bagian kedua dari induk dua sebaliknya untuk anak 2 bagian kedua dari induk satu digabungkan dengan bagian pertama induk kedua. Dari proses *crossover* didapatkan 10

individu baru yang disebut sebagai anak (*child*) dan 10 individu orang tua (*parent*) sehingga *crossover* mempunyai 20 individu

f. Mutasi

Individu yang diambil untuk melakukan mutasi adalah hasil *crossover* tanpa induk (*parent*) atau hasil dari anaknya saja. Metode yang digunakan untuk melakukan mutasi adalah metode *swapping mutation*. Dalam satu individu akan ditukarkan 2 gen. Pemilihan gen-gen yang terkena mutasi menggunakan bilangan acak (*random*). Gen akan terkena mutasi jika bilangan acak (*random*) yang dibangkitkan untuk gen yang bersangkutan kurang dari probabilitas mutasi (*pm*). Individu baru yang dihasilkan dari proses mutasi tersebut merupakan individu yang lebih baik. Karena proses mutasi menggantikan gen-gen yang telah hilang atau mengembalikan individu yang optimal akibat dari proses pindah silang (*crossover*).

g. Pembentukan Populasi Baru

Pembentukan populasi baru pada generasi kedua ini diambil dari 10 individu dengan nilai *fitness* tertinggi pada generasi pertama. Proses ini dinamakan *elitism*. Setelah mendapatkan populasi baru, selanjutnya mengulangi proses evaluasi, proses seleksi, pindah silang dan mutasi. Proses iterasi ini berlangsung sampai menemukan nilai *fitness* tertinggi. Dalam perhitungan untuk menentukan jadwal yang optimum dari kasus di atas, hasil *fitness* paling optimum terjadi pada generasi ke-10 dengan nilai *fitness* terbaik yaitu 1. Sehingga jadwal maksimum yang terjadi sebagai berikut :

32 – 22 – 97 – 61 – 15 – 14 – 99 – 107 – 49 – 29 – 103 – 26 – 78 – 89 – 44 – 75 – 90 – 64 – 7 – 42 – 36 – 37 – 59 – 72 – 68 – 52 – 69 – 50 – 57 – 8 – 76 – 86 – 51 – 92 – 48 – 46 – 83 – 20 – 1 – 67 – 47 – 74 – 56 – 94 – 93 – 87 – 13 – 60 – 71 – 54 – 88 – 4 – 70 – 91 – 81 – 24 – 58 – 16 – 66 – 85 – 33 – 84 – 30 – 9 – 6 – 28 – 10 – 2 – 108 – 21 – 12 – 5 – 98 – 25 – 62 – 53 – 80 – 35 – 38 – 55

Karena algoritma genetika merupakan suatu individu yang tercipta secara acak sehingga terbentuk sekumpulan individu sebagai suatu populasi dengan melakukan proses seleksi alam yang akan mempertahankan individu dengan nilai *fitness* yang tinggi, maka untuk menghasilkan solusi yang optimum diperlukan beberapa kali percobaan. Hal ini disebabkan karena algoritma genetika bersifat *random*, sehingga setiap melakukan proses seleksi akan selalu menghasilkan solusi yang berbeda. Berikut tabel percobaan dengan beberapa nilai jumlah generasi dan laju mutasi yang berbeda.

Tabel 4.3 Percobaan dengan Nilai Jumlah Generasi dan Laju Mutasi yang Berbeda

Percobaan ke-	Ukuran Populasi	Jumlah Generasi	Laju Mutasi	Konvergen Generalisasi ke-	Nilai <i>fitness</i> terbaik
1	10	10	0.007	5	0.00497

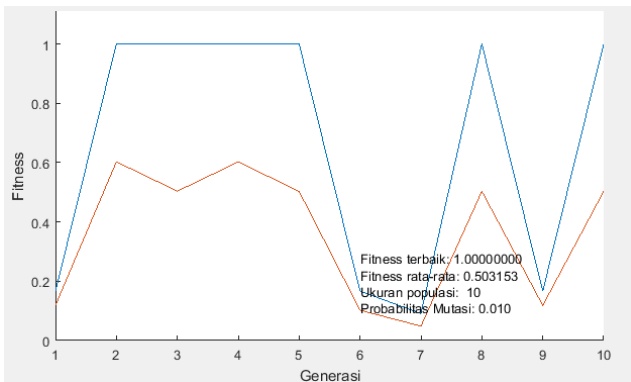
2	10	10	0.05	10	0.09091
3	10	5	0.05	5	0.09091

Tabel 4.3 Lanjutan

Percobaan ke-	Ukuran Populasi	Jumlah Generasi	Laju Mutasi	Konvergen Generalisasi ke-	Nilai fitness terbaik
4	10	10	0.01	5	0.09091
5	10	10	0.01	10	1
6	18	10	0.01	10	0.09091
7	18	12	0.1	5	0.16667
8	18	20	0.1	10	0.00432
9	18	10	0.01	10	0.00662

Dari tabel 4.5 didapatkan nilai *fitness* yang paling optimum sebesar 1 yang diperoleh dari percobaan ke-5.

Berikut grafik pergerakan nilai *fitness* :



Gambar 4.1 Grafik Pergerakan Nilai *Fitness* Percobaan ke-5

Dari Gambar 4.1, sumbu-x merupakan jumlah generasi yang terjadi, sedangkan sumbu-y merupakan nilai *fitness* individu tertinggi dari masing-masing generasi. Kurva dengan warna garis biru merupakan nilai *fitness* terbaik pada generasi ke 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 dengan nilai *fitness* 1, dan kurva dengan warna garis merah merupakan nilai *fitness* rata-rata dari n-generasi dengan nilai 0,05566. Jadi apabila individu yang bernilai 1 pada generasi 10 dipresentasikan ke dalam slot waktu dapat dilihat seperti tabel berikut ini:

Tabel 4.4 Percobaan dengan Nilai Jumlah Generasi dan Laju Mutasi yang Berbeda

Waktu (06.00-12.00)	Pagi	Waktu (06.00-12.00)	Pagi
Slot 1 06.00	Lion Air JT-655 (LOP - CGK)	Slot 3 06.20	-

Slot 2 06.10	Lion Air JT-822 (SUB - LOP)	Slot 4 06.30	Citilink Indonesia QG-664 (SUB - LOP)
-----------------	-----------------------------------	-----------------	--

Tabel 4.4 Lanjutan

Waktu (06.00-12.00)	Pagi	Waktu (06.00-12.00)	Pagi
Slot 5 06.40	Lion Air JT-274 (JOG - LOP)	Slot 9 07.20	Lion Air JT-954 (DPS - LOP)
Slot 6 06.50	Wings Air IW-1962 (DPS - LOP)	Slot 10 07.30	Batik Air ID-6658 (CGK - LOP)
Slot 7 07.00	Lion Air JT-177 (LOP-SUB)	Slot 11 07.40	-
Slot 8 07.10	Batik Air ID-6507 (LOP-CGK)	Slot 12 07.50	Lion Air JT-642 (SUB - LOP)
Slot 13 08.00	Wings Air IW-1861 (SWQ - LOP)	Slot 28 10.20	-
Slot 14 08.10	Garuda Indonesia GA-431 (LOP - CGK)	Slot 28 10.30	Citilink Indonesia QG-660 (SUB - LOP)
Slot 15 08.20	Garuda Indonesia GA-7024 (LOP - BMU)	Slot 29 10.40	Wings Air IW-1860 (LOP - SWQ)
Slot 16 08.30	Garuda Indonesia GA-430 (CGK - LOP)	Slot 30 10.50	Batik Air ID-6506 (CGK - LOP)
Slot 17 08.40	-	Slot 31 11.00	-
Slot 18 08.50	-	Slot 32 11.10	Lion Air JT-651 (LOP - CGK)
Slot 19 09.00	-	Slot 33 11.20	Lion Air JT-841 (UPG - LOP)
Slot 20 09.10	Garuda Indonesia GA-441 (LOP - CGK)	Slot 34 11.30	-
Slot 21 09.20	Garuda Indonesia GA-440 (CGK - LOP)	Slot 35 11.40	Garuda Indonesia GA-432 (CGK - LOP)

Slot 22	Lion Air	Slot 36	Garuda
09.30	JT-273	11.50	Indonesia
	(LOP – JOG)		GA-451
			(LOP - DPS)

Tabel 4.4 Lanjutan

Waktu (06.00-12.00)	Pagi	Waktu (12.00-18.00)	Siang
Slot 23 09.40	-	Slot 37 12.00	Garuda Indonesia GA-365 (LOP - SRG)
Slot 24 09.50	Garuda Indonesia GA-364 (SRG - LOP)	Slot 38 12.10	Lion Air JT-952 (BDG - LOP)
Slot 25 10.00	Lion Air JT-652 (CGK - LOP)	Slot 39 12.20	-
Slot 26 10.10	Garuda Indonesia GA-435 (LOP - CGK)	Slot 40 12.30	-
Slot 41 12.40	-	Slot 55 15.00	Lion Air JT-650 (CGK - LOP)
Slot 42 12.50	Lion Air JT-657 (LOP - CGK)	Slot 56 15.10	Lion Air JT-654 (CGK - LOP)
Slot 43 13.00	-	Slot 57 15.20	Wings Air IW-1878 (LOP - BMU)
Slot 44 13.10	Citilink Indonesia QG-167 (LOP - HLP)	Slot 58 15.30	Batik Air ID-6873 (CGK - LOP)
Slot 45 13.20	-	Slot 59 15.40	Batik Air ID-6957 (LOP - CGK)
Slot 46 13.30	Lion Air JT-953 (LOP - BDG)	Slot 60 15.50	Citilink Indonesia QG-960 (CGK - LOP)
Slot 47 13.40	Wings Air IW-1883 (SWQ - LOP)	Slot 61 16.00	Garuda Indonesia GA-7049 (LOP - DPS)
Slot 48 13.50	Garuda Indonesia GA-639 (LOP - UPG)	Slot 62 16.10	Wings Air IW-1859 (SOL - LOP)
Slot 49 14.00	Wings Air IW-1857 (LOP - DPS)	Slot 63 16.20	-

Slot 50 14.10	Lion Air JT-840 (LOP - UPG)	Slot 64 16.30	Citilink Indonesia QG-665 (LOP - SUB)
------------------	-----------------------------------	------------------	--

Tabel 4.4 Lanjutan

Waktu (12.00-18.00)	Siang	Waktu (18.00-00.00)	Malam
Slot 51 14.20	Wings Air IW-1963 (LOP - DPS)	Slot 65 16.40	
Slot 52 14.30	Lion Air JT-649 (LOP - SUB)	Slot 66 16.50	Lion Air JT-178 (SUB - LOP)
Slot 53 14.40	Garuda Indonesia GA-436 (DPS - LOP)	Slot 67 17.00	Lion Air JT-975 (LOP - SUB)
Slot 54 14.50	Lion Air JT-646 (SUB - LOP)	Slot 68 17.10	Garuda Indonesia GA-703 (LOP - BMU)
Slot 69 17.20	Wings Air IW-1882 (LOP - SWQ)	Slot 82 19.30	-
Slot 70 17.30	Lion Air JT-656 (CGK - LOP)	Slot 83 19.40	Batik Air ID-6959 (LOP - CGK)
Slot 71 17.40	Batik Air ID-6950 (CGK - LOP)	Slot 84 19.50	Wings Air IW-1848 (DPS - LOP)
Slot 72 17.50	Garuda Indonesia GA-433 (LOP - CGK)	Slot 85 20.00	Wings Air IW-1865 (BMU - LOP)
Waktu (18.00-00.00)	Malam	Slot 86 20.10	Lion Air JT-955 (LOP - DPS)
Slot 73 18.00	-	Slot 87 20.20	Lion Air JT-962 (SUB - LOP)
Slot 74 18.10	Wings Air IW-1879 (BMU - LOP)	Slot 88 20.30	Wings Air IW-1850 (DPS - LOP)
Slot 75 18.20	Garuda Indonesia GA-7034 (LOP - SWQ)	Slot 89 20.40	Lion Air JT-865 (LOP - SUB)
Slot 76 18.30	Lion Air JT-965 (LOP - SUB)	Slot 90 20.50	Batik Air ID-7334 (LOP - HLP)

Slot 77 18.40	-	Slot 91 21.00	Garuda Indonesia GA-7035 (SWQ - LOP)
------------------	---	------------------	---

Slot 99 22.20	Lion Air JT-823 (LOP - SUB)	Slot 108 23.50	Garuda Indonesia GA-7033 (BMU - LOP)
------------------	-----------------------------------	-------------------	---

Tabel 4.4 Lanjutan

Waktu (18.00- 00.00)	Malam	Waktu (18.00- 00.00)	Malam
Slot 78 18.50	Wings Air IW-1864 (LOP - BMU)	Slot 92 21.10	Citilink Indonesia QG-661 (LOP - SUB)
Slot 79 19.00	-	Slot 93 21.20	Garuda Indonesia GA-434 (CGK - LOP)
Slot 80 19.10	Lion Air JT-934 (LOP - DPS)	Slot 94 21.30	-
Slot 81 19.20	Garuda Indonesia GA-450 (DPS - LOP)	Slot 95 21.40	Garuda Indonesia GA-7023 (BMU - LOP)
Slot 91 21.00	Garuda Indonesia GA-7035 (SWQ - LOP)	Slot 100 22.30	-
Slot 92 21.10	Citilink Indonesia QG-661 (LOP - SUB)	Slot 101 22.40	-
Slot 93 21.20	Garuda Indonesia GA-434 (CGK - LOP)	Slot 102 22.50	-
Slot 94 21.30	-	Slot 103 23.00	Lion Air JT-645 (LOP - SUB)
Slot 95 21.40	Garuda Indonesia GA-7023 (BMU - LOP)	Slot 104 23.10	-
Slot 96 21.50	-	Slot 105 23.20	-
Slot 97 22.00	Wings Air IW-1859 (LOP - SOL)	Slot 106 23.30	-
Slot 98 22.10	Garuda Indonesia GA-7048 (LOP - DPS)	Slot 107 23.40	Lion Air JT-935 (LOP - DPS)

5. Kesimpulan

Penjadwalan penerbangan pesawat di BIL menggunakan algoritma genetika dilakukan dengan membangkitkan sejumlah individu yang dihitung nilai *fitness*-nya dengan batasan tertentu. Individu tersebut adalah representasi dari tipe maskapai dengan kota tujuan keberangkatan dan kota asal kedatangan yang berjumlah 80 gen, kemudian dilakukan proses evolusi yang terdiri dari proses seleksi, *crossover*, dan mutasi. Pada tahap akhir dilakukan proses seleksi menggunakan metode *elitism* dalam penentuan individu terbaik dengan nilai *fitness* tertinggi. Individu terbaik dengan nilai *fitness* tertinggi yang diperoleh adalah 1, dengan nilai parameter-parameter ukuran populasi sebesar 10, jumlah generasi sebesar 10, dan peluang mutasi sebesar 0,01. Individu terbaik ini menepati slot waktu berisikan 108 slot dengan estimasi waktu 10 menit setiap slotnya. Slot-slot tersebut menentukan waktu *take off* dan *landing* sebuah pesawat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., I., 2016, *Perbandingan Performansi Algoritma Genetika dan Algoritma Ant Colony Optimization dalam Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah*, Skripsi (Tidak Dipublikasi), Jurusan Ilmu Komputer, Universitas Negeri Semarang.
- Fajar., N., R., 2018, *Sistem Penjadwalan Otomatis Kuliah Mahasiswa*, Skripsi (Tidak Dipublikasi), Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kusumadewi, S., 2003, *Artificial Intelligence Teknik dan Aplikasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Mawaddah, N., K., dan Mahmudy, W., F., 2006, *Optimasi Penjadwalan Ujian Menggunakan Algoritma Genetika*, Jurnal, Volume: 2 Nomor: 2.
- Nugraha, I., 2008, *Aplikasi Algoritma Genetik Untuk Optimasi Penjadwalan Kegiatan Belajar Mengajar*, Jurnal Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- Qoiriah, A., 2014, *Penjadwalan Ujian Akhir Semester dengan Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus : Jurusan Teknik Informatika UNESA)*, Jurnal Manajemen Informatika. Vol 03 No.02.
- Suyanto., 2014, *Artificial Intelligence Searching, Reasoning, Planning, dan Learning*. Informatika, Bandung.
- Wahyuni, U., 2017, *Rancang Bangun Sistem Informasi Penjadwalan Kunjungan Narapidana Di Lembaga Pemasarakatan Klas I Di Kabupaten Jeneponto*

*Sulawesi Selatan, Skripsi (Tidak dipublikasi),
Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin
Makassar.*

*Evaluasi untuk Menyelesaikan Masalah
Optimasi, Andi, Yogyakarta.*

Zukhri, Z., 2014, *Algoritma Genetika Metode Komputasi*

Lampiran

1. Representasi Maskapai dengan Kota Tujuan dan Kota Asal

No.	Nama Maskapai	Tipe Maskapai	Tujuan Maskapai
1.	LION AIR	JT-651	Jakarta Cengkareng (CGK)
2.	LION AIR	JT-273	Yogyakarta (JOG)
3.	WINGS AIR	IW-1859	Solo (SOC)
4.	GARUDA INDONESIA	GA-7094	Denpasar Bali (DPS)
5.	GARUDA INDONESIA	GA-7024	Bima (BMU)
6.	GARUDA INDONESIA	GA-431	Jakarta Cengkareng (CGK)
7.	LION AIR	JT-823	Surabaya (SUB)
8.	LION AIR	JT-935	Denpasar Bali (DPS)
9.	WINGS AIR	IW-1857	Denpasar Bali (DPS)
10.	WINGS AIR	IW-1860	Sumbawa Besar (SWQ)
11.	LION AIR	JT-645	Surabaya (SUB)
12.	GARUDA INDONESIA	GA-435	Jakarta Cengkareng (CGK)
13.	WINGS AIR	IW-1864	Bima (BMU)
14.	LION AIR	JT-865	Surabaya (SUB)
15.	CITILINK INDONESIA	QG-167	Jakarta Halim Perdana K. (HLP)
16.	GARUDA INDONESIA	GA-7034	Sumbawa Besar (SWQ)
17.	BATIK AIR	ID-7334	Jakarta Halim Perdana K. (HLP)
18.	CITILINK INDONESIA	QG-665	Surabaya (SUB)
19.	LION AIR	JT-177	Surabaya (SUB)
20.	LION AIR	JT-657	Jakarta Cengkareng (CGK)
21.	GARUDA INDONESIA	GA-451	Denpasar Bali (DPS)
22.	GARUDA INDONESIA	GA-365	Semarang (SRG)
23.	BATIK AIR	ID-6957	Jakarta Cengkareng (CGK)
24.	GARUDA INDONESIA	GA-433	Jakarta Cengkareng (CGK)
25.	GARUDA INDONESIA	GA-703	Bima (BMU)
26.	LION AIR	JT-649	Surabaya (SUB)
27.	WINGS AIR	IW-1882	Sumbawa Besar (SWQ)
28.	LION AIR	JT-840	Makassar (UPG)
29.	WINGS AIR	IW-1878	Bima (BMU)
30.	BATIK AIR	ID-6507	Jakarta Cengkareng (CGK)
31.	LION AIR	JT-965	Surabaya (SUB)
32.	LION AIR	JT-955	Denpasar Bali (DPS)
33.	WINGS AIR	IW-1963	Denpasar Bali (DPS)
34.	CITILINK INDONESIA	QG-661	Surabaya (SUB)
35.	GARUDA INDONESIA	GA-639	Makassar (UPG)
36.	LION AIR	JT-953	Bandung (BDG)
37.	BATIK AIR	ID-6959	Jakarta Cengkareng (CGK)
38.	GARUDA INDONESIA	GA-441	Jakarta Cengkareng (CGK)
39.	LION AIR	JT-655	Jakarta Cengkareng (CGK)

40.	LION AIR	JT-975	Surabaya (SUB)
41.	WINGS AIR	IW-1883	Sumbawa Besar (SWQ)
42.	WINGS AIR	IW-1879	Bima (BMU)
43.	LION AIR	JT-654	Jakarta Cengkareng (CGK)
No.	Nama Maskapai	Tipe Maskapai	Tujuan Maskapai
44.	GARUDA INDONESIA	GA-7023	Bima (BMU)
45.	GARUDA INDONESIA	GA-434	Jakarta Cengkareng (CGK)
46.	LION AIR	JT-962	Surabaya (SUB)
47.	WINGS AIR	IW-1861	Sumbawa Besar (SWQ)
48.	CITILINK INDONESIA	QG-960	Jakarta Cengkareng (CGK)
49.	BATIK AIR	ID-6950	Jakarta Cengkareng (CGK)
50.	LION AIR	JT-646	Surabaya (SUB)
51.	WINGS AIR	IW-1850	Denpasar Bali (DPS)
52.	CITILINK INDONESIA	QG-664	Surabaya (SUB)
53.	LION AIR	JT-656	Jakarta Cengkareng (CGK)
54.	GARUDA INDONESIA	GA-7035	Sumbawa Besar (SWQ)
55.	GARUDA INDONESIA	GA-450	Denpasar Bali (DPS)
56.	GARUDA INDONESIA	GA-364	Semarang (SRG)
57.	BATIK AIR	ID-6873	Jakarta Cengkareng (CGK)
58.	GARUDA INDONESIA	GA-430	Jakarta Cengkareng (CGK)
59.	LION AIR	JT-178	Surabaya (SUB)
60.	WINGS AIR	IW-1865	Bima (BMU)
61.	LION AIR	JT-841	Makassar (UPG)
62.	WINGS AIR	IW-1848	Denpasar Bali (DPS)
63.	BATIK AIR	ID-6506	Jakarta Cengkareng (CGK)
64.	LION AIR	JT-954	Denpasar Bali (DPS)
65.	LION AIR	JT-864	Surabaya (SUB)
66.	WINGS AIR	IW-1962	Denpasar Bali (DPS)
67.	CITILINK INDONESIA	QG-660	Surabaya (SUB)
68.	BATIK AIR	ID-6658	Jakarta Cengkareng (CGK)
69.	LION AIR	JT-822	Surabaya (SUB)
70.	GARUDA INDONESIA	GA-7033	Bima (BMU)
71.	GARUDA INDONESIA	GA-440	Jakarta Cengkareng (CGK)
72.	LION AIR	JT-642	Surabaya (SUB)
73.	LION AIR	JT-274	Yogyakarta (JOG)
74.	GARUDA INDONESIA	GA-7048	Denpasar Bali (DPS)
75.	LION AIR	JT-652	Jakarta Cengkareng (CGK)
76.	WINGS AIR	IW-1859	Solo (SOC)
77.	LION AIR	JT-934	Denpasar Bali (DPS)
78.	GARUDA INDONESIA	GA-432	Jakarta Cengkareng (CGK)
79.	LION AIR	JT-952	Bandung (BDG)
80.	LION AIR	JT-650	Jakarta Cengkareng (CGK)

2. Slot Waktu

Pagi (06.00 - 12.00)	Siang (12.00 - 18.00)	Malam (18.00 - 00.00)
Slot 1 (06.00 - 06.10)	Slot 37 (12.00 - 12.10)	Slot 73 (18.00 - 18.10)
Slot 2 (06.10 - 06.20)	Slot 38 (12.10 - 12.20)	Slot 74 (18.10 - 18.20)
Slot 3 (06.20 - 06.30)	Slot 39 (12.20 - 12.30)	Slot 75 (18.20 - 18.30)
Slot 4 (06.30 - 06.40)	Slot 40 (12.30 - 12.40)	Slot 76 (18.30 - 18.40)
Slot 5 (06.40 - 06.50)	Slot 41 (12.40 - 12.50)	Slot 77 (18.40 - 18.50)
Slot 6 (06.50 - 07.00)	Slot 42 (12.50 - 13.00)	Slot 78 (18.50 - 19.00)
Slot 7 (07.00 - 07.10)	Slot 43 (13.00 - 13.10)	Slot 79 (19.00 - 19.10)
Slot 8 (07.10 - 07.20)	Slot 44 (13.10 - 13.20)	Slot 80 (19.10 - 19.20)
Slot 9 (07.20 - 07.30)	Slot 45 (13.20 - 13.20)	Slot 81 (19.20 - 19.30)
Slot 10 (07.30 - 07.40)	Slot 46 (13.30 - 13.40)	Slot 82 (19.30 - 19.40)
Slot 11 (07.40 - 07.50)	Slot 47 (13.40 - 13.50)	Slot 83 (19.40 - 19.50)
Slot 12 (07.50 - 08.00)	Slot 48 (13.50 - 14.00)	Slot 84 (19.50 - 20.00)
Slot 13 (08.00 - 08.10)	Slot 49 (14.00 - 14.10)	Slot 85 (20.00 - 20.10)
Slot 14 (08.10 - 08.20)	Slot 50 (14.10 - 14.20)	Slot 86 (20.10 - 20.20)
Slot 15 (08.20 - 08.30)	Slot 51 (14.20 - 14.30)	Slot 87 (20.20 - 20.30)
Slot 16 (08.30 - 08.40)	Slot 52 (14.30 - 14.40)	Slot 88 (20.30 - 20.40)
Slot 17 (08.40 - 08.50)	Slot 53 (14.40 - 14.50)	Slot 89 (20.40 - 20.50)
Slot 18 (08.50 - 09.00)	Slot 54 (14.50 - 15.00)	Slot 90 (20.50 - 21.00)
Slot 19 (09.00 - 09.10)	Slot 55 (15.00 - 15.10)	Slot 91 (21.00 - 21.10)
Slot 20 (09.10 - 09.20)	Slot 56 (15.10 - 15.20)	Slot 92 (21.10 - 21.20)
Slot 21 (09.20 - 09.30)	Slot 57 (15.20 - 15.30)	Slot 93 (21.20 - 21.30)
Slot 22 (09.30 - 09.40)	Slot 58 (15.30 - 15.40)	Slot 94 (21.30 - 21.40)
Slot 23 (09.40 - 09.50)	Slot 59 (15.40 - 15.50)	Slot 95 (21.40 - 21.50)
Slot 24 (09.50 - 10.00)	Slot 60 (15.50 - 16.00)	Slot 96 (21.50 - 22.00)
Slot 25 (10.00 - 10.10)	Slot 61 (16.00 - 16.10)	Slot 97 (22.00 - 22.10)
Slot 26 (10.10 - 10.20)	Slot 62 (16.10 - 16.20)	Slot 98 (22.10 - 22.20)
Slot 27 (10.20 - 10.30)	Slot 63 (16.20 - 16.30)	Slot 99 (22.20 - 22.30)
Slot 28 (10.30 - 10.40)	Slot 64 (16.30 - 16.40)	Slot 100 (22.30 - 22.40)
Slot 29 (10.40 - 10.50)	Slot 65 (16.40 - 16.50)	Slot 101 (22.40 - 22.50)
Slot 30 (10.50 - 11.00)	Slot 66 (16.50 - 17.00)	Slot 102 (22.50 - 23.00)
Slot 31 (11.00 - 11.10)	Slot 67 (17.00 - 17.10)	Slot 103 (23.00 - 23.10)
Slot 32 (11.10 - 11.20)	Slot 68 (17.10 - 17.20)	Slot 104 (23.10 - 23.20)
Slot 33 (11.20 - 11.30)	Slot 69 (17.20 - 17.30)	Slot 105 (23.20 - 23.30)
Slot 34 (11.30 - 11.40)	Slot 70 (17.30 - 17.40)	Slot 106 (23.30 - 23.40)
Slot 35 (11.40 - 11.50)	Slot 71 (17.40 - 17.50)	Slot 107 (23.40 - 23.50)
Slot 36 (11.50 - 12.00)	Slot 72 (17.50 - 18.00)	Slot 108 (23.50 - 00.00)