

# Optimasi Penjadwalan Landasan Pacu untuk Keberangkatan Menggunakan Algoritma Genetika

## (Studi Kasus: Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya)

Hanna Ribkah Pontolaeng<sup>#1</sup>, Inge Martina<sup>#2</sup>

<sup>#</sup>Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Harapan Bangsa  
Jalan Dipati Ukur no. 80-84 Bandung

<sup>1</sup>hanna.ribkah@gmail.com

<sup>2</sup>inge@ithb.ac.id

**Abstrak**— Saat ini penjadwalan landasan pacu (*runway*) menggunakan metode “*First In First Out*” (FIFO) oleh petugas Air Traffic Control (ATC). Penjadwalan FIFO hanya memperhatikan waktu kedatangan, tidak memperhatikan *delay* yang sudah dialami pesawat. Penjadwalan dengan algoritma genetika (GA) akan mengoptimasi waktu tunggu dengan mempertimbangkan *delay* yang sudah terjadi. Algoritma genetika memiliki beberapa operator, yaitu persilangan (*cross over*), mutasi, seleksi, dan evaluasi *fitness*. Penelitian ini menggunakan operator *swap mutation* dan *truncation selection*. Hasil dari GA akan dibandingkan dengan hasil penjadwalan FIFO.

**Kata Kunci**— landasan pacu, *first in first out* (FIFO), algoritma genetika (GA), *fitness*, *swap mutation*, *truncation selection*.

**Abstract**— *Current runway scheduling uses “First In First Out” method conducted by Air Traffic Control (ATC) officer. FIFO scheduling only watches arrival time, doesn’t watch delay happened. Scheduling using genetic algorithm (GA) will optimized waiting time which considering delay happened. It has some operators, they are crossover, mutation, selection, and fitness evaluation. This research uses swap mutation and truncation selection. GA solution will be compared with FIFO solution.*

**Keywords**— *runway, first in first out (FIFO), genetic algorithm (GA), fitness, swap mutation, truncation selection.*

### I. PENDAHULUAN

Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya adalah bandar udara terbesar kedua setelah Soekarno – Hatta Jakarta. Landasan pacu adalah jalan untuk pesawat lepas landas (*take off*) dan dalam satu waktu hanya ada satu pesawat yang dapat melintasinya dengan telah memenuhi aturan-aturan awal yang telah menjadi standar suatu pesawat layak *take off* atau tidak.

Penjadwalan landasan pacu yang digunakan oleh bandara Juanda adalah dengan menggunakan metode *First In First Out* (FIFO). Dengan metode tersebut setiap pesawat yang telah siap lebih awal akan mendapat urutan lebih awal untuk menggunakan landasan pacu. Metode ini tidak memperhitungkan faktor-faktor lain yang dimiliki pesawat,

misalnya *delay* yang telah dimiliki pesawat pada saat pesawat tersebut tiba. Dengan algoritma genetika (GA), banyak faktor dapat diperhitungkan.

### II. PENJADWALAN LANDASAN PACU

#### A. Langkah – langkah Pesawat Menuju Landasan Pacu

Berikut ini langkah – langkah yang dilakukan pesawat untuk menuju ke landasan pacu:

- *Start up*
- *Pushback*
- *Request Taxi*
- *ATC Clearance*
- *Line up*

#### B. Tipe Pesawat

Tipe pesawat dibagi menjadi tiga kategori:

1. *Light*
2. *Medium*
3. *Heavy*

Pesawat dengan kategori tipe *light* tidak dapat berada tepat di belakang tipe *heavy* karena gelombang angin yang terbentuk dapat menyebabkan pesawat tipe *light* keluar dari jalurnya. Masing-masing tipe yang berurutan memiliki jeda urutan antar tipe. Jeda waktu yang dimiliki urutan antar tipe tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Jeda waktu adalah jeda waktu untuk lepas landas.

TABEL 1

ATURAN JEDA ANTAR TIPE PESAWAT

Tipe	Tipe Sebelumnya	Jeda Waktu
<i>Light</i>	<i>Light</i> <i>Medium</i> <i>Heavy</i>	2 menit 3 menit 5 menit
<i>Medium</i>	<i>Light</i> <i>Medium</i> <i>Heavy</i>	2 menit 3 menit 3 menit
<i>Heavy</i>	<i>Light</i> <i>Medium</i> <i>Heavy</i>	1 menit 3 menit 3 menit

Untuk tipe *light* di belakang tipe *heavy* diberikan jeda 5 menit, dengan asumsi antara *heavy* ke *light* ada pesawat dengan tipe *medium* yang memiliki jeda 3 menit dari *heavy* dan memiliki jeda 2 menit dari *heavy* ke *light*, sehingga totalnya 5 menit.

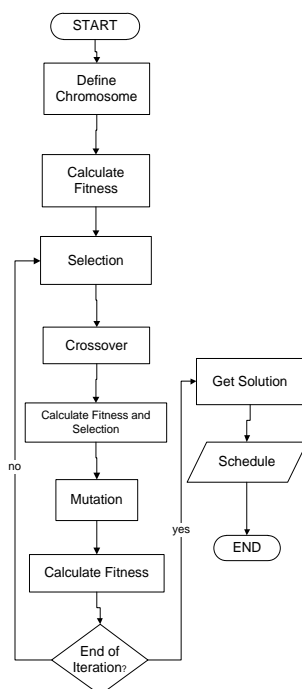
### C. Algoritma Genetika

Algoritma genetika yang dikenal dengan sebutan *genetic algorithm* (GA) merupakan metode adaptif yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma genetika ditemukan oleh John Holland pada tahun 1975 yang mengambil konsep dasar dari Teori Darwin [1]. *Flowchart* algoritma genetika ditunjukkan pada Gambar 1.

Teori Darwin yang diadopsi oleh algoritma genetika adalah Teori Evolusi Darwin yang lebih dikenal dengan proses seleksi alam. Dalam proses evolusi, individu secara terus-menerus mengalami perubahan gen untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan hidupnya. “Siapa yang paling kuat dialah yang mampu bertahan”, sehingga dengan kata lain individu yang dapat menyesuaikan diri pada lingkungan tertentu merupakan individu terkuat yang mampu bertahan dalam lingkungannya.

Istilah-istilah biologi yang digunakan dalam GA:

1. Gen, sebuah nilai yang menyatakan satuan dasar yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kromosom
2. Kromosom, menyatakan sebuah individu yang merupakan kumpulan gen dan merupakan sebuah solusi.
3. *Allele*, nilai dari sebuah gen.
4. Populasi, kumpulan individu-individu yang diproses bersama dalam siklus proses evolusi.



Gambar 1 *Flowchart* Algoritma Genetika

Dalam algoritma genetika, proses pengembangbiakan menjadi konsep utama sebagai pencarian keturunan yang lebih baik. Generasi berikutnya dikenal dengan istilah anak (*offspring*) terbentuk dari gabungan dua individu (kromosom) generasi sekarang yang bertindak sebagai induk (*parent*). *Offspring* terbentuk menggunakan operator-operator genetika, Populasi generasi baru dibentuk dengan cara menyeleksi individu-individu baru dari generasi sebelumnya, yaitu dengan melihat nilai *fitness* yang dimilikinya.

### D. Rancangan Kromosom

Bentuk kromosom yang dirancang terdiri dari kumpulan gen yang mewakili sebuah pesawat yang telah berstatus *ready*. Sebuah kromosom berisi faktor-faktor yang mempengaruhi evaluasi perhitungan *fitness*. Kromosom dalam penelitian ini berisi kode pesawat, lama waktu *delay* pesawat, tipe pesawat, dan urutan pada jadwal landasan pacu. Rancangan kromosom tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.

### E. Fitness

Nilai *fitness* merupakan nilai acuan yang menyatakan baik tidaknya suatu individu atau layak tidaknya suatu individu. Kromosom dengan nilai *fitness* tertinggi akan memberikan nilai probabilitas yang tinggi untuk dipakai dalam proses pencarian generasi baru berikutnya. Dalam kasus ini, dirancang rumus *fitness* yang mempertimbangkan delay dan tipe suatu pesawat. Kromosom dengan nilai *fitness* yang paling besar dalam iterasi tertentu adalah solusi terbaik yang dapat digunakan.

$$Fitness = \sum_{i=1}^n \left( (B_n \times N_n) + (J_p \times (T_{n,n+1} + D_u)) \right) \quad (1)$$

Keterangan:

- $B_n$  = Jumlah pesawat – indeks pesawat
- $N_n$  = Waktu *delay ready*
- $J_p$  = Jumlah pesawat
- $T_{n,n+1}$  = Tipe pesawat di belakang pesawat ke- $n$
- $D_u$  = *Delay* urutan
- $n$  = Indeks pesawat

### F. Pindah Silang (Crossover)

Pindah silang (*crossover*) adalah operator GA yang melibatkan dua induk (*parent*) untuk membentuk kromosom baru. Individu dipilih secara acak untuk dilakukan *crossing*. Pindah silang dilakukan dengan melakukan pertukaran gen dari dua induk yang terpilih.

Langkah-langkah proses persilangan:

1. Pilih dua individu sebagai *parent* untuk persilangan.
2. Bagi dua masing-masing individu untuk menyilangkan gen yang terdapat pada masing-masing individu tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.
3. Cek gen pada individu baru. Jika ditemukan gen yang sama dalam individu baru maka individu tersebut

tidak akan dimasukkan ke dalam populasi. Gen PK-GLF muncul dua kali pada *offspring*-1, seperti pada Gambar 4, jadi *offspring* tersebut tidak valid.

**G. Mutasi Gen**

Mutasi yang dipakai adalah *swap mutation* dengan menukar nilai gen dengan nilai inversinya, misalnya gennya bernilai 0 menjadi 1. Proses *swap mutation* ini ditunjukkan pada Gambar 5. Setiap individu mengalami mutasi gen dengan probabilitas mutasi yang ditentukan. Mutasi dilakukan dengan memberikan nilai inversi atau menggeser nilai gen pada gen yang terpilih untuk dimutasikan. Hasil mutasi ini diperlihatkan pada Gambar 6.

**H. Seleksi**

Proses seleksi menggunakan *Truncation Selection* dengan mengambil *N* individu yang mempunyai *fitness* terbaik. Langkah-langkahnya:

1. Populasi awal ditambah individu hasil baru hasil *crossover* dan mutasi.
2. Seluruh individu diurutkan berdasarkan nilai *fitness* secara *descending*.

3. Diambil *N* individu teratas untuk proses selanjutnya.

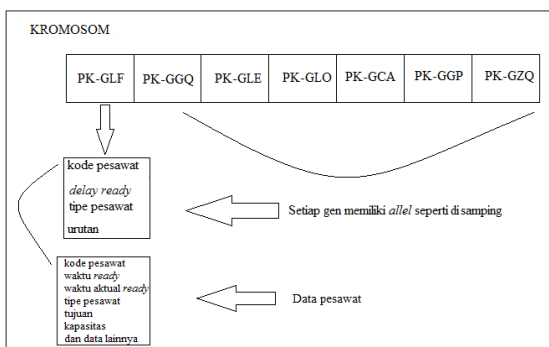
**I. Pengujian Sistem**

Beberapa kriteria pengujian:

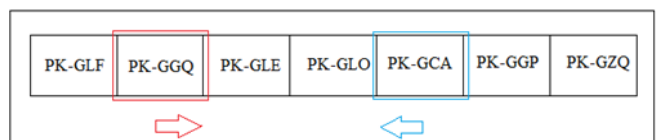
1. Sistem menjadwalkan penggunaan landasan pacu bagi pesawat yang telah berstatus *ready*.
2. Penjadwalan akan dilakukan 20 menit sekali, artinya dengan melihat 20 menit ke belakang pesawat-pesawat *ready*.
3. Dari jadwal penerbangan yang ada dapat diketahui waktu *ready* terjadwal dan tipe pesawat tersebut. *delay ready* dihitung dengan cara waktu aktual *ready* dikurang dengan waktu *ready* terjadwal.

Hasil penjadwalan landasan pacu yang dihasilkan akan dibandingkan dengan metode FIFO yang digunakan di Bandara Juanda Surabaya.

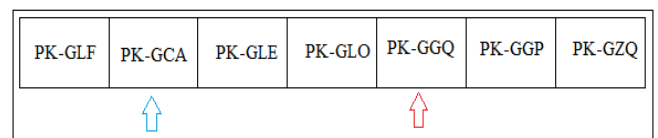
Grafik pada Gambar 7, s1 sampai dengan s4 pada sumbu *x* menunjukkan penjadwalan pertama hingga ke-4 dan nilai pada sumbu *y* adalah jumlah total *delay* yang terjadi. Hal tersebut menunjukkan bahwa GA menghasilkan total *delay* yang sedikit dibanding FIFO.



Gambar 2. Rancangan Kromosom



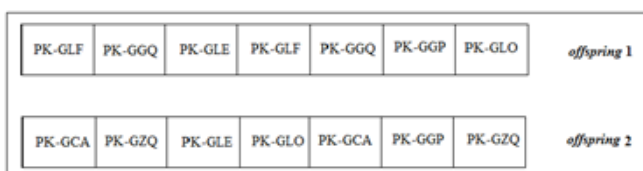
Gambar 5 Swap Mutation



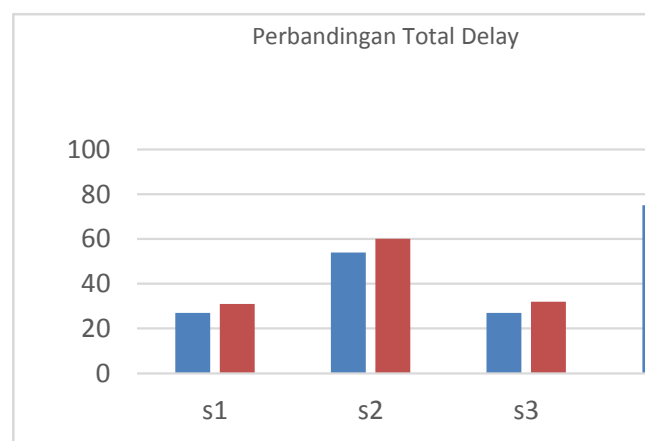
Gambar 6 Hasil Mutasi



Gambar 3 Proses Persilangan



Gambar 4 Hasil Persilangan



Gambar 7 Perbandingan Hasil

### III. KESIMPULAN

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap aplikasi, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah total *delay* yang dihasilkan dari penjadwalan GA lebih kecil dibandingkan dengan FIFO di Bandar Udara Juanda Surabaya saat ini.

### REFERENSI

- [1] Sivaraj, R. dan Ravichandran, T. *a Review of Selection Methods in Genetic Algorithm* (3 vol.). Velalar College of Engineering and Technology, India, 2011.
- [2] Juanda, B. U. (2013). *Airport Specification*. Diambil kembali dari <http://www.juanda-airport.com/>

- [3] Pradana, A. B. *Seahorse-Batfish Air Traffic Control Procedures (Non-Radar)* (3 ed.). Curug-Tangerang: Indonesian Civil Aviation Institute, 2009.

**Hanna Ribkah Pontolaeng**, adalah mahasiswi Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Harapan Bangsa, masuk pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2013.

**Inge Martina**, menyelesaikan S1 di Jurusan Teknik Informatika ITB pada Maret 1990 dan melanjutkan S2 di Jurusan Teknik Informatika ITB hingga selesai pada bulan Agustus 2014. Minat penelitian pada efisiensi algoritma. Saat ini menjabat sebagai Kepala Departemen Teknik Informatika ITHB.