

OPTIMASI PENJADWALAN JAGA LAPAS MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

I Made Yoga Aryasa¹, Wayan Firdaus Mahmudy²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Brawijaya

Jl. Veteran No. 8 Malang 65145, Indonesia

Email: madeyogaaryasa@gmail.com¹, wayanfm@ub.ac.id²

ABSTRAK

Lembaga Pemasyarakatan (Lapas) merupakan salah satu fasilitas hukum yang dimiliki negara Indonesia untuk menahan dan mendidik narapidana agar ke depannya mampu menjadi individu yang lebih baik di kehidupan bermasyarakat. Narapidana yang ditahan di dalam lapas membutuhkan pengawasan dan penjagaan yang ketat demi menjaga berlangsungnya aktivitas di dalam lapas serta kenyamanan dan keamanan kehidupan masyarakat di sekitarnya. Untuk menunjang hal tersebut, pihak penanggung jawab lapas telah menyusun jadwal penjagaan yang dikhususkan untuk petugas jaga lapas sehingga penjagaan yang dilakukan dapat dilaksanakan secara teratur. Namun, dikarenakan adanya keterbatasan jumlah petugas yang berjaga tentu akan mempengaruhi jadwal yang telah dibuat. Selain itu, apabila jadwal yang dibuat memaksakan penjaga lapas untuk berjaga melebihi kemampuan fisiknya maka akan berakibat pada kinerja penjagaannya. Semua itu jelas sangat mempengaruhi tingkat keamanan dan kualitas penjagaan di lingkungan lapas. Pada penelitian ini, algoritma genetika digunakan untuk membantu menyelesaikan masalah yang ada pada penjadwalan jaga lapas. Penerapan algoritma genetika pada optimasi penjadwalan jaga lapas menggunakan representasi kromosom berbasis permutasi bilangan integer sepanjang 90 yang terdiri dari id kelompok jaga lapas. Di dalam proses reproduksi, proses crossover menggunakan metode one-cut-point dan proses mutation menggunakan metode reciprocal exchange. Sedangkan di dalam proses seleksinya, digunakan metode *elitism*. Melalui pengujian yang telah dilakukan, diperoleh parameter terbaik yang menghasilkan nilai fitness paling optimal dengan hasil ukuran populasi sebanyak 400, iterasi sebanyak 190, dan kombinasi crossover rate (cr) & mutation rate (mr) berada pada ukuran 0,3 & 0,7. Dengan menggunakan parameter terbaik ini, solusi yang diperoleh berupa penjadwalan terbaik dengan tanpa adanya pelanggaran di jadwal yang dihasilkan.

Kata kunci: lembaga pemasyarakatan, petugas jaga lapas, optimasi penjadwalan, algoritma genetika.

ABSTRACT

Correctional Institution is one legal facilities that owned by Indonesian country to detain and educate the prisoners so that in the future they can become better individuals in society life. The prisoners detained in prisons requires strict supervision and vigilance in order to maintain the ongoing activity in correctional institution as well as the comfort and safety of people's lives around. To support this, the person who in charge of prisons has make a schedule of supervision that special for the correctional institution guard so that the vigilance can be conducted regularly. However, due to the limited number of officers on guard will certainly affect the schedule that has been made. Moreover, if the schedule that has been made is impose the correctional institution guards to guard over than their physical capabilities then it will impact to the performance of their vigil. All of that obviously greatly affect the security level and quality of vigilance in a correctional institution environment. In this study, the genetic algorithm is used to help solve the existing problems in scheduling a correctional institution guard. Application of genetic algorithms in the optimization of correctional institution guard scheduling uses a chromosomes representation based on permutation of integer value through the length of 90 gen which is consisting id of correctional institution guard's group. In the process of reproduction, the process of crossover using a one-cut-point method and the process of mutation using a reciprocal exchange method. While in the selection process, it used an elitism method. Through the testing which has been done, obtainable the best parameters that produce the most optimal fitness value with the result of the size of the population is 400, size of the iteration is 190, and combination value of crossover rate (cr) & mutation rate (mr) are 0,3 & 0,7. By using the best parameters, the obtained solution is in the form of the best scheduling without penalty in the resulting schedule.

Key words: correctional institution, correctional institution guard, optimization of scheduling, genetic algorithm.

2. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hukum adalah norma yang mendasari semua kegiatan maupun tindakan antar pelaku yang ada di negara ini (Mangku, 2013). Adanya hukum memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pemerintah dan masyarakat dalam menjalani kehidupan bernegara dan sehari-hari. Namun sekuat apapun hukum itu ditegakkan, masih banyak oknum yang melanggar dan melawan. Dalam mengatasi adanya pelanggaran hukum, negara menyediakan berbagai fasilitas yang ditujukan untuk meminimalisir pelanggaran hukum serta memberikan efek jera kepada pelanggarnya. Salah satu fasilitas itu adalah hukuman penjara.

Penjara merupakan tempat di mana bagi pelanggar hukum atau biasa disebut narapidana untuk disekap dan ditahan berdasarkan kejahatan dan pelanggaran yang telah dilakukannya. Namun kini penjara memiliki nama lain yaitu Lapas, di mana lapas merupakan singkatan dari Lembaga Pemasyarakatan yang bertujuan untuk mendidik narapidana menjadi individu yang lebih baik dan bertanggung jawab di masyarakat (UU No. 12/1995, Pasal 2). Lapas memiliki sistem ketat di mana penjagaan di setiap ruang tahanan harus dijaga dengan teliti. Hal itu dikarenakan masih banyak kasus pelarian oleh narapidana yang menyelip kabur dari ruang tahanannya. Untuk menunjang hal tersebut, pihak penanggung jawab lapas membentuk sebuah jadwal yang dikhususkan untuk para pegawai/penjaga lapas agar dapat melakukan tugas penjagaan secara teratur sehingga pengawasan dapat dilakukan dengan baik. Namun, bila dilihat dari segi jumlah pegawai yang berjaga sangat terbatas akan sangat mempengaruhi jadwal yang telah dibuat. Tidak hanya itu, apabila jadwal yang telah dibuat memaksakan penjaga lapas untuk berjaga melebihi kemampuan fisik hariannya tentu akan sangat mempengaruhi kinerja penjangannya. Terlebih lagi jumlah penjaga lapas yang tidak sebanding dengan jumlah narapidananya. Pembagian jadwal juga memiliki pengaruh yang sensitif bagi seluruh petugas jaga khususnya mengenai jatah kerja yang ditetapkan. Pembagian tugas setidaknya memberikan maksimal satu kali *shift* bertugas dalam sehari bukan dua sampai tiga kali *shift* berturut-turut. Adanya tiga *shift* yaitu pagi, siang, dan malam memang sudah menjadi aturan dan kewajiban bagi seluruh petugas untuk menjaga lapas selama 24 jam. Namun bukan berarti adanya ketiga *shift* ini harus dipaksakan bertugas kepada seluruh kelompok jaga yang terbatas. Hal ini dikarenakan para petugas jaga juga memiliki hak untuk beristirahat setelah melakukan penjagaan yang memakan banyak tenaga. Selain pembagian tugas, pembagian waktu libur juga haruslah seimbang. Waktu libur bisa dimanfaatkan bagi para petugas jaga untuk istirahat

lebih maksimal dan menghabiskan waktu bersama keluarga.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan penjadwalan yang optimal dan merata agar penjagaan bisa dilakukan dengan baik dan teratur. Penjadwalan yang dibuat haruslah adil kepada setiap penjaga lapas serta memenuhi batasan penjadwalan yang ada. Adanya hari libur baik itu hari Minggu maupun hari libur Nasional tentu akan mempengaruhi batasan penjadwalan yang telah terbentuk. Guna menghindari semua kendala tersebut maka dibutuhkanlah optimasi penjadwalan penjaga lapas.

Dalam pembuatan optimasi penjadwalan dibutuhkan sebuah algoritma yang mampu memberikan hasil optimal berupa susunan jadwal yang dapat disesuaikan dengan keadaan penjaga lapas. Algoritma dibutuhkan untuk memecahkan sebuah permasalahan matematika yang kompleks. Untuk menunjang optimasi penjadwalan penjaga lapas, algoritma genetika mampu memberikan solusi penjadwalan yang optimal dengan pembagian pemerataan *shift* yang adil. Algoritma Genetika merupakan sebuah teknik optimasi berbasis populasi yang menerapkan tahapan evolusi biologi (Mahmudy, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, adapun rumusan masalah dalam skripsi ini yaitu:

1. Bagaimana mengimplementasikan metode algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah penjadwalan jaga lapas?
2. Bagaimana pembentukan representasi kromosom dari solusi yang dicari?
3. Bagaimana pengaruh dan solusi yang dihasilkan dari penerapan metode algoritma genetika dalam optimasi penjadwalan jaga lapas?

1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan skripsi ini tetap fokus, maka perlu adanya batasan-batasan permasalahan. Batasan masalah yang ada dalam skripsi ini adalah:

- 1 Waktu penjadwalan dikhususkan selama 30 atau 31 hari.
- 2 Data yang digunakan adalah data piket dari Lembaga Pemasyarakatan (Lapas) Mataram.
- 3 Penerapan *shift* jaga lapas dibagi menjadi 3, yaitu pagi, siang dan malam.
- 4 Proses penjadwalan tidak memperhatikan *variable* biaya.
- 5 Penjadwalan dibuat untuk kelompok jaga lapas.
- 6 Pembagian jadwal dilakukan untuk 4 (empat) regu penjagaan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah:

1. Merepresentasikan data penjadwalan menjadi kromosom yang nantinya mewakili solusi permasalahan.
2. Mengimplementasikan metode Algoritma Genetika dalam menyelesaikan masalah penjadwalan jaga lapas guna memperoleh solusi jadwal yang optimal.
3. Mengukur hasil evaluasi yang diperoleh dari penerapan metode Algoritma Genetika dalam menyelesaikan masalah penjadwalan jaga lapas.
4. Mengetahui tingkat efektifitas penerapan metode Algoritma Genetika dalam masalah penjadwalan

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Algoritma Genetika

Menurut Mahmudy (2013) algoritma genetika adalah salah satu dari bentuk Algoritma Evolusi yang banyak digunakan dalam pemecahan permasalahan yang kompleks. Di dalam proses optimasinya, algoritma genetika menggunakan sebuah teknik optimasi berbasis populasi yang menerapkan tahapan evolusi biologi. Kelebihan penggunaan algoritma genetika tidak hanya dari pemecahan permasalahan yang kompleks, namun banyak juga digunakan dalam bidang fisika, biologi, ekonomi, sosiologi dan lain sebagainya yang selalu mengatasi masalah optimasi dengan model matematika yang sulit dibangun.

2.2 Proses Algoritma Genetika

Algoritma genetika memiliki siklus perkembangan yang dilakukan selama proses pencarian kromosom terbaik, yaitu (Mahmudy, 2013):

1. Inisialisasi

Inisialasi merupakan proses yang dilakukan untuk membangkitkan himpunan solusi baru secara random ke dalam sebuah populasi yang di mana di dalamnya terdapat sejumlah *string chromosome*. Populasi yang dibentuk disesuaikan dengan masalah yang ingin dipecahkan.

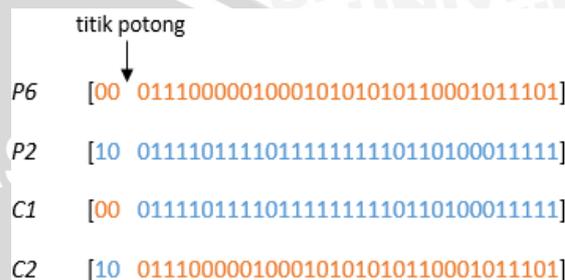
2. Reproduksi

Proses reproduksi adalah proses pencarian keturunan berikutnya yang ingin dihasilkan disesuaikan dengan *offspring* dari dua operator genetika, yaitu tukar silang (*crossover*) dan mutasi (*mutation*).

a. Proses Crossover

Proses *crossover* dilakukan dengan cara menukar silang gen dari dua individu yang sebelumnya dipilih secara acak. Sebelum dilakukan proses *crossover*, terlebih dahulu menentukan jumlah *offspring* yang ingin dicari berdasarkan nilai *crossover rate*-nya kemudian menentukan titik potong pada kromosom dari dua individu yang terpilih.

Misal terdapat individu p2 dan p6 dengan titik potong/*cut point* 2. Sehingga proses persilangannya adalah sebagai berikut:



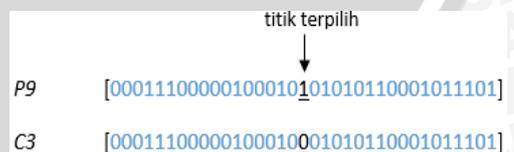
Gambar 1 Proses Crossover

Dari gambar 1 dapat diketahui bahwa hasil persilangan diperoleh dua individu baru dengan masing-masing kromosom sudah ditukar silangkan.

b. Proses Mutation

Mutasi merupakan operator genetika yang memiliki fungsi yang sama dengan *crossover* yaitu menghasilkan individu/child baru sebagai calon generasi selanjutnya namun dengan cara yang berbeda. Mutasi diawali dengan menentukan jumlah *offspring* dari nilai *mutation rate*-nya lalu memilih satu individu/induk secara acak dari sebuah populasi, kemudian akan dipilih titik gen yang di mana gen pada titik tersebut akan diubah gennya.

Sebagai contoh individu P9 dengan titik yang terpilih secara acak adalah 18. Maka dihasilkan *offspring* baru (C3) sebagai berikut:



Gambar 2 Proses Mutation

3. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menghitung nilai *fitness* yang dihasilkan dari masing – masing individu. Nilai *fitness* berguna sebagai nilai yang mewakili kualitas dari individu tersebut.

4. Seleksi

Seleksi merupakan cara yang digunakan untuk memilih individu terbaik dari populasi dan *offspring* sebelumnya sebagai generasi berikutnya. Proses seleksi dilakukan dengan cara pemeringkatan individu dari fitness yang terbesar. Semakin besar fitness yang dimiliki dari masing – masing individu yang lolos maka semakin baik pula generasi selanjutnya.

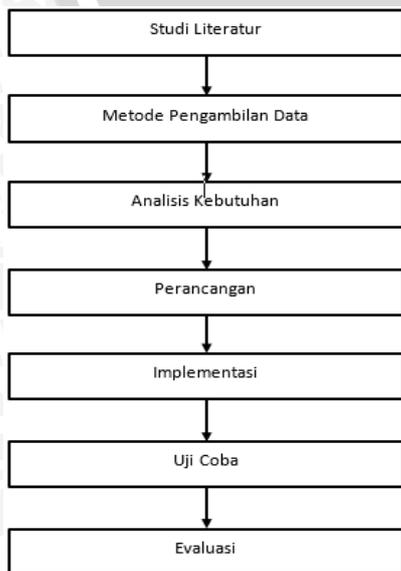
2.3 Sistem Penjagaan Lapas

Penjagaan lapas dilakukan oleh pihak penanggung jawab lapas di setiap daerah guna memberikan rasa aman baik bagi warga sekitar maupun narapidana. Sistem penjagaan yang diterapkan pada lapas telah diatur pada Surat Direktur Jendral Bina Tuna Warga, No: DP.3.3/17/1, tanggal 27 Januari 1975, tentang Peraturan Penjagaan Lembaga Pemasyarakatan (PPLP). Adapun sistem penjagaan yang dilakukan terbentuk dalam regu penjagaan, di mana masing-masing regu penjagaan dipimpin oleh Komandan Regu Penjagaan (Komandan Jaga). Kekuatan dari masing-masing regu jaga disesuaikan dengan keadaan dan keperluan pada lapas setempat. Sementara dalam alur penjagaannya, petugas harus berjaga secara bergilir.

3. METODOLOGI

Skripsi dengan judul “Optimasi Penjadwalan Jaga Lapas menggunakan Algoritma Genetika” ini bisa digolongkan sebagai penelitian implementatif dengan pendekatan perancangan (design).

Tahapan penelitian dalam mengimplementasi metode pada penjadwalan jaga lapas ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

3.1 Studi Literatur

Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai dasar teori dan sumber yang berkaitan guna menunjang proses perancangan penjadwalan jaga lapas menggunakan algoritma genetika. Sumber informasi dan literatur yang digunakan bisa didapatkan dari dari buku, jurnal penelitian, situs di internet, penjelasan dari dosen pembimbing, serta referensi lainnya yang bisa digunakan untuk membantu menyelesaikan skripsi ini.

3.2 Metode Pengambilan Data

Metode yang digunakan di dalam skripsi ini adalah algoritma genetika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan penjadwalan yang mendekati optimal yang disesuaikan dengan aturan yang berlaku di instansi terkait. Penerapan metode algoritma genetika diharapkan bisa mengoptimasi penjadwalan jaga lapas yang awalnya dibuat secara manual dan terdapat kurang optimalnya pembagian jadwal sehingga hal tersebut sangat mempengaruhi kinerja dari penjaga dan tingkat keamanan lapas.

3.3 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk menganalisis dan memperoleh kebutuhan yang diperlukan selama pembuatan sistem penjadwalan jaga lapas.

3.4 Perancangan

Perancangan metode bertujuan untuk mengetahui komponen apa saja yang dibutuhkan selama proses penerapan algoritma genetika terhadap penjadwalan jaga lapas.

3.5 Implementasi

Implementasi yang dilakukan terhadap penjadwalan jaga lapas disesuaikan dengan perancangan yang telah dibuat.

3.6 Uji Coba

Pengujian dilakukan terhadap metode yang digunakan setelah proses implementasi selesai dilakukan. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang dihasilkan metode dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan jaga lapas.

3.7 Evaluasi

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan, tahap selanjutnya adalah untuk mengevaluasi hasil uji coba tersebut. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui nilai parameter metode terbaik yang digunakan dalam penjadwalan jaga lapas.

4. PERANCANGAN

4.1 Formulasi Permasalahan

4.1.1. Deskripsi Masalah

Proses penjadwalan piket jaga yang dilakukan sebelumnya pada Lembaga Pemasyarakatan (LAPAS) Kelas II A Mataram dibuat secara manual dengan menerapkan sistem pembagian grup dan pola penjadwalan pada *shift-shift*nya. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan menetapkan jumlah kekuatan jaga pada masing-masing grup yang terdiri dari komandan jaga kemudian diikuti oleh satu wakil komandan jaga beserta anggota jaganya. Dari hasil pembagian grup diperoleh empat grup jaga. Kemudian dari keempat grup ini akan diatur piket jaganya sesuai dengan pola *shift* yang ditetapkan.

Kekurangan dari penjadwalan manual ini terdapat pada pembagian hari libur dan istirahat yang sebenarnya sama-sama dijadwalkan untuk tidak bertugas jaga di lapas. Dalam hal ini libur dimaksudkan para petugas atau grup jaga sedang tidak mendapatkan tugas jaga selama satu hari penuh, sedangkan istirahat dimaksudkan bahwa para petugas atau grup jaga istirahat di kantor namun tidak melakukan tugas jaga. Sehingga pemberian hari libur dan istirahat sama saja dengan memberikan hari tanpa bertugas selama dua hari. Dengan memberikan hari libur dan istirahat selama dua hari akan mengurangi pemanfaatan kinerja petugas yang sebenarnya bisa diatur jadwalnya untuk berjaga lebih baik lagi secara optimal. Kekurangan selanjutnya yaitu pada *shift* pagi dan malam yang dilakukan sehari sekaligus oleh satu grup akan berdampak pada kondisi grup jaga tersebut. Di mana estimasi waktu jaga pada *shift* malam berbeda dengan *shift* pagi dan siang. *Shift* malam memiliki waktu jaga yang sangat lama bahkan melebihi 12 jam. Sedangkan pada *shift* pagi memiliki waktu selama 5 jam dan *shift* siang memiliki waktu selama 6 jam. Oleh karena itu apabila setelah berjaga pagi kemudian dilanjutkan berjaga pada malam hari, hal ini tentu akan memberikan dampak pada kesehatan anggota grup jaga nantinya.

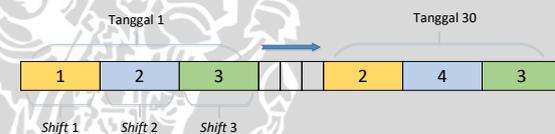
Pembagian hari kerja dan libur sebaiknya dibuat seimbang agar petugas yang bekerja memiliki waktu istirahat yang cukup. Kebutuhan akan waktu libur juga digunakan oleh para petugas agar dapat menikmati waktu luangnya bersama keluarga dan kerabat di rumah. Namun dilihat dari penjadwalan manual yang sebelumnya, pembagian waktu libur yang diatur sedemikian rupa belum tentu memberikan kesempatan bagi para petugas untuk bisa menikmati hari liburinya. Dikarenakan libur yang diperoleh para petugas belum tentu menjadi hari libur bagi keluarga dan kerabatnya.

4.2 Siklus Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Genetika

4.2.1 Representasi Kromosom dan Perhitungan *Fitness*

Jumlah penjaga yang dibutuhkan pada setiap *shift* yaitu 7 (tujuh) orang penjaga atau satu grup jaga. Dalam sehari diperlukan 3 (tiga) grup jaga yang bertugas di ketiga *shift* yang berbeda. Pada penelitian ini terdapat total grup jaga sebanyak 4 (empat) kelompok. Dikarenakan jadwal yang dibuat untuk 30 hari, maka penyusunan kromosom di dalam algoritma genetika sebanyak $3 \times 30 = 90$ gen (Ilmi, Mahmudy, & Ratnawati, 2015).

Pembentukan kromosom terdiri 1 kolom gen yang mewakili 1 grup jaga lapas. Pada kolom gen pertama mewakili *shift* pertama penjagaan, dilanjutkan kolom kedua mewakili *shift* kedua dan kolom ketiga mewakili *shift* ketiga sehingga total kolom gen menjadi 3 gen untuk penjadwalan 1 hari. Dikarenakan terdapat 30 hari penjadwalan maka total terbentuknya urutan gen didalam kromosom berjumlah 90 gen (Ilmi, Mahmudy & Ratnawati, 2015). Hasil representasi kromosom ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Representasi Kromosom

Hasil representasi kromosom kemudian diubah menjadi susunan jadwal. Dari susunan jadwal ini maka dapat dilihat bagian mana yang terjadi pelanggaran. Pelanggaran/*constraint* yang terjadi mempengaruhi besaran nilai *fitness* dari sebuah individu.

Pelanggaran yang terjadi didalam sebuah jadwal memiliki tingkatan yang berbeda. Antara *soft constraint* dengan *hard constraint* memiliki nilai konstanta yang berbeda. Jenis-jenis pelanggaran ditunjukkan pada Tabel 1 (Ilmi, Mahmudy, & Ratnawati, 2015).

Tabel 1 Jenis Pelanggaran

Pelanggaran	Keterangan	Jenis Pelanggaran	Nilai Konstanta	Nilai Pelanggaran
P1	Petugas jaga tidak bisa berjaga ketika dalam sehari muncul di lebih dari satu <i>shift</i>	<i>Soft constraint</i>	10	1

	jaganya sebagai contoh setelah berjaga pada <i>shift</i> pagi dilanjutkan dengan <i>shift</i> siang atau <i>shift</i> malam			
P2	Petugas jaga tidak boleh bertugas pada <i>shift</i> malam selama lebih dari 8 kali dalam satu bulan	<i>Soft constraint</i>	10	1
P3	Petugas jaga tidak bisa memperoleh libur untuk setiap hari Minggu lebih dari 2 kali dalam sebulan (termasuk libur nasional)	<i>Hard constraint</i>	30	1
P4	Petugas jaga tidak bisa muncul dikeesokan harinya setelah sebelumnya berjaga pada <i>shift</i> malam	<i>Hard constraint</i>	40	1

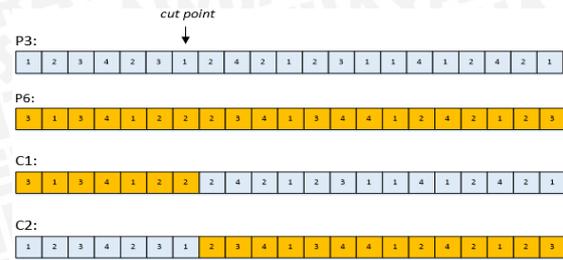
Setelah diketahui adanya pelanggaran/*constraint* pada jadwal, maka perhitungan nilai fitness dicari dengan persamaan (Ilmi, Mahmudy & Ratnawati, 2015):

$$\text{fitness} = \frac{100}{(1+(10\Sigma P1+ 10\Sigma P2+30\Sigma P3+40\Sigma P4))} \quad (4-1)$$

Di mana pada P1, P2, P3, dan P4 adalah nomor pelanggaran yang memiliki nilai konstanta yang disesuaikan dengan tingkat dan jenis pelanggarannya.

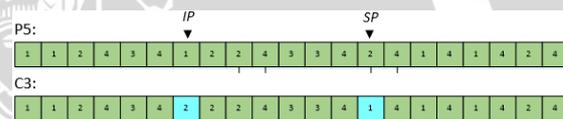
4.2.2 Reproduksi

Pada penelitian ini, metode *crossover* yang digunakan adalah *one-cut-point crossover*. Sebagai contoh perhitungan, terdapat *crossover rate* (Pc) 0.3 dan banyaknya populasi (popsize) sebesar 5. Jadi *offspring* yang akan dicari sebanyak $0.3 \times 5 = 1,5$ dibulatkan menjadi 2 *offspring*. Individu terpilih yang akan di *crossover* adalah P3 dan P6 dengan titik potong 7. Maka proses *crossover*nya adalah:



Gambar 5 Proses *One-cut-point Crossover*

Sedangkan metode mutasi yang digunakan adalah *insertion mutation*. Metode *insertion mutation* memilih dua titik gen antara insertion point/IP dan selected point/SP kemudian pada titik selected point akan dipindahkan ke titik insertion point. Titik yang berada pada insertion point nantinya akan digeser ke kanan. Untuk contoh penyelesaiannya, misal terdapat *mutation rate* (Pm) 0.2 dengan ukuran populasi (popsize) sebesar 5. Maka banyaknya *offspring* yang dicari $0.2 \times 5 = 1$ *offspring*. Untuk individu terpilih yang akan dimutasi adalah P5. Maka proses penyelesaiannya adalah:



Gambar 6 Proses *Insertion Mutation*

4.2.3 Evaluasi dan Seleksi

Pada proses evaluasi dilakukan untuk menentukan nilai fitness dari masing – masing individu yang ada di dalam populasi. Perhitungan nilai fitness berguna ketika akan dilakukan seleksi. Metode seleksi yang digunakan didalam penelitian ini adalah *elitism selection*. Proses *elitism selection* dilakukan dengan cara pemeringkatan individu berdasarkan nilai fitnessnya yang ada di dalam populasi, baik itu dari populasi awal sampai pada child hasil dari *crossover* dan mutasi. Pemeringkatan dilakukan dengan mengurutkan individu secara descending yaitu urutan dimulai dari nilai fitness terbesar menuju yang terkecil.

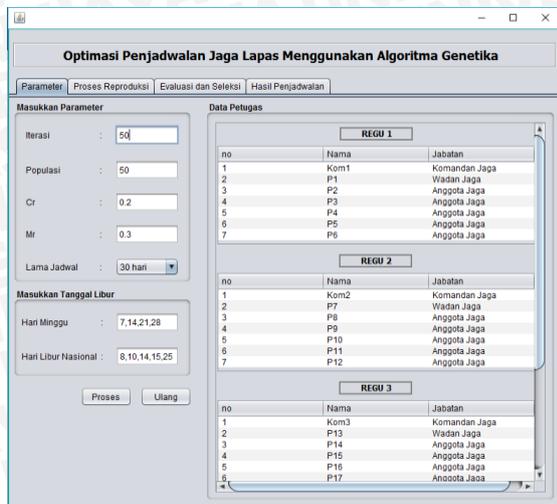
5. IMPLEMENTASI

Hasil implementasi program memiliki empat menu yang terdiri dari parameter, proses reproduksi, evaluasi dan seleksi serta hasil penjadwalan. Masing-masing menu menampilkan hasil proses penerapan algoritma genetika.

5.1 Antarmuka Menu Parameter

Menu parameter merupakan halaman utama dari program yang berisikan form masukkan nilai parameter dan data petugas jaga lapas. Pada form masukkan tidak hanya terdapat form masukkan

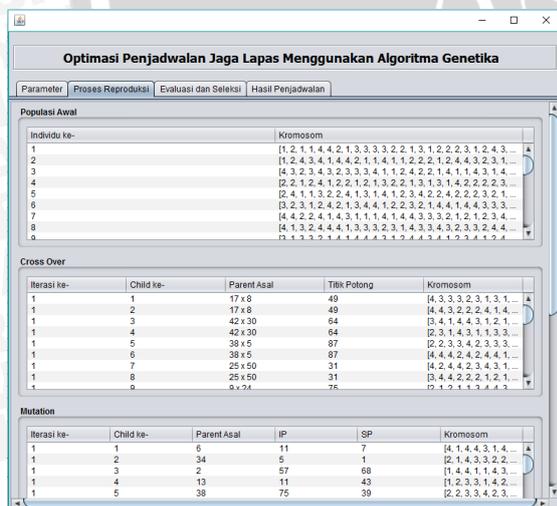
parameter namun juga terdapat form masukkan tanggal untuk hari minggu dan hari libur nasional. Tampilan menu parameter ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Antarmuka Menu Parameter

5.2 Antarmuka Menu Proses Reproduksi

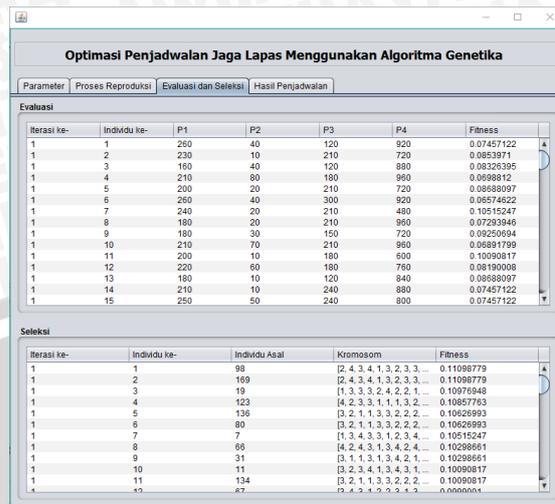
Menu proses algoritma merupakan menu yang menampilkan hasil pembentukan populasi awal serta hasil proses reproduksi *crossover* dan *mutation*. Antar muka menu proses algoritma ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Antarmuka Menu Proses Reproduksi

5.3 Antarmuka Menu Evaluasi & Seleksi

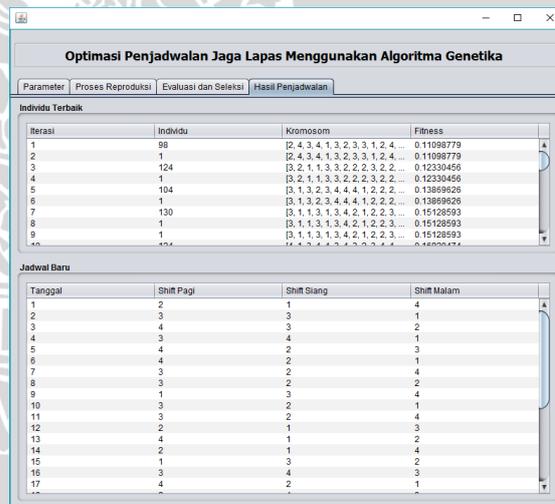
Menu evaluasi dan seleksi merupakan menu yang menampilkan hasil evaluasi dan seleksi dari seluruh iterasi proses algoritma genetika. Tampilan menu evaluasi dan seleksi ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Antarmuka Menu Evaluasi & Seleksi

5.4 Antarmuka Menu Hasil Penjadwalan

Menu hasil penjadwalan merupakan menu yang menampilkan hasil pemilihan individu terbaik dari keseluruhan iterasi dan pembentukan jadwal baru. Jadwal baru dibuat berdasarkan individu terbaik dari iterasi terakhir, yang kemudian di representasi ke dalam jadwal berbentuk tabel. Antarmuka menu hasil penjadwalan ditunjukkan pada Gambar 9.

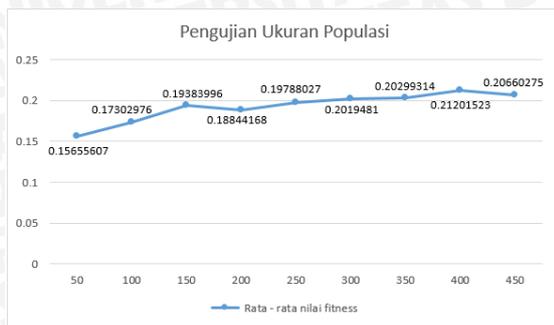


Gambar 9 Antarmuka Menu Hasil Penjadwalan

6. PENGUJIAN & ANALISIS

6.1 Pengujian Ukuran Populasi

Di dalam tahap pengujian, jenis pengujian yang pertama dilakukan adalah mengetahui ukuran parameter populasi yang terbaik atau optimum. Langkah ini dilakukan dengan memasukkan ukuran parameter populasi dari 50 sampai dengan 450 sesuai kelipatan 50. Kemudian memasukkan parameter lainnya yaitu iterasi sebesar 10 dan kombinasi *cr* dan *mr* sebesar 0.4 : 0.5. Keseluruhan nilai rata – rata fitness melalui 10 kali pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 10.

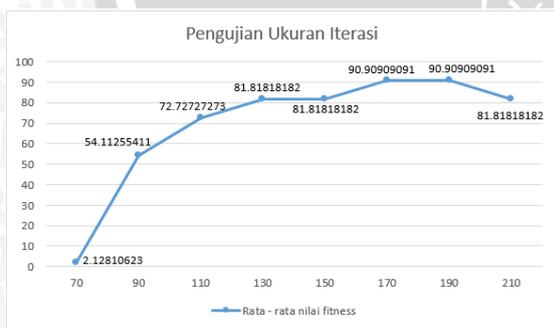


Gambar 10 Grafik Hasil Penguujian Ukuran Populasi

Kesimpulan dari penguujian ini adalah rata-rata nilai fitness yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya ukuran populasi. Dilihat pada perkembangan nilai fitnessnya, dari ukuran populasi 50 hingga 400 perlahan semakin naik. Namun pada titik tertentu khususnya pada ukuran populasi 450, rata-rata nilai fitness yang diperoleh tidak meningkat secara signifikan. Sehingga hal tersebut menunjukkan ukuran populasi yang tertinggi berada pada ukuran 400 yang menjadikannya sebagai titik optimum.

6.2 Penguujian Jumlah Iterasi

Penguujian ini dilakukan dengan memasukkan nilai ukuran parameter iterasi dari 120 sampai dengan 300 sesuai dengan kelipatan 30. Nilai parameter populasi yang akan digunakan berasal dari hasil penguujian ukuran populasi sebelumnya, sedangkan kombinasi *cr* dan *mr* sebesar 0.4 : 0.5. Perbandingan rata-rata nilai fitness hasil penguujian ukuran iterasi ditunjukkan pada Gambar 11.



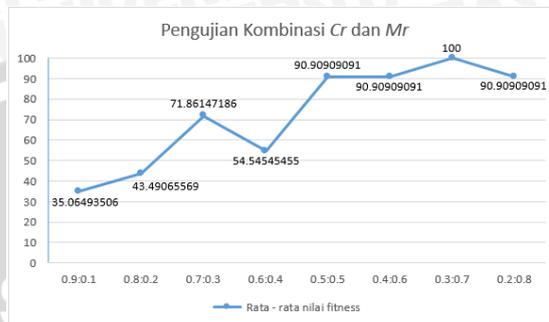
Gambar 11 Grafik Hasil Penguujian Jumlah Iterasi

Melalui penguujian ini, maka diperoleh nilai fitness paling optimum berada pada iterasi 190.

6.3 Penguujian Kombinasi *Cr* dan *Mr*

Penguujian berikutnya yang dilakukan adalah pencarian nilai kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) sehingga memperoleh nilai kombinasi yang paling optimum. Nilai parameter yang digunakan adalah nilai parameter populasi yang diperoleh dari hasil penguujian ukuran populasi,

nilai parameter iterasi yang juga diperoleh dari hasil penguujian jumlah iterasi, dan kombinasi nilai *cr* dan *mr* yang akan diuji yaitu 0,9 & 0,1 ; 0,8 & 0,2 ; 0,7 & 0,3 ; 0,6 & 0,4 ; 0,5 & 0,5 ; 0,4 & 0,6 ; 0,3 & 0,7 ; 0,2 & 0,8. Perbandingan rata-rata nilai fitness hasil penguujian kombinasi *cr* dan *mr* ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Grafik Hasil Penguujian Kombinasi *Cr* dan *Mr*

Pada Gambar 12, terdapat kombinasi *cr* dan *mr* yang berhasil menghasilkan rata-rata nilai fitness yang paling optimal yaitu pada kombinasi 0.3 : 0.7.

6.4 Penguujian Parameter Terbaik

Penguujian parameter terbaik merupakan penguujian terakhir yang dilakukan untuk mengetahui penjadwalan jaga lapas terbaik yang bisa dihasilkan dengan menggunakan parameter terbaik dari hasil penguujian sebelumnya. Adapun nilai parameter terbaik yang akan digunakan yaitu:

1. Ukuran populasi sebesar 400
2. Ukuran Iterasi sebesar 190
3. Nilai *Crossover rate* (*Cr*) sebesar 0.3
4. Nilai *Mutation rate* (*Mr*) sebesar 0.7

Optimasi Penjadwalan Jaga Lapas Menggunakan Algoritma Genetika

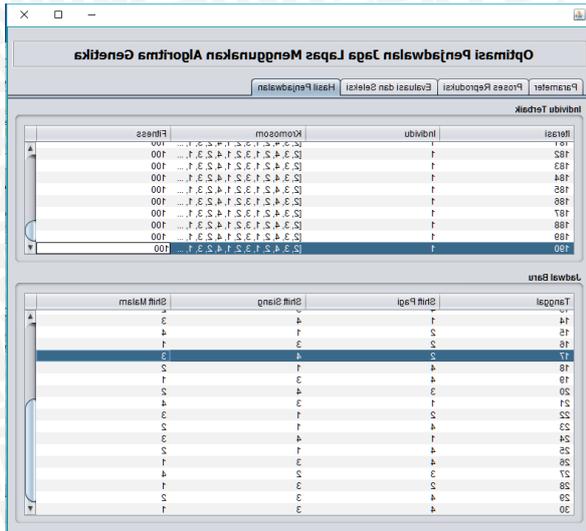
Parameter | Proses Reproduksi | Evaluasi dan Seleksi | Hasil Penjadwalan

Individu Terbaik

Iterasi	Individu	Kromosom	Fitness
181	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
182	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
183	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
184	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
185	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
186	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
187	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
188	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
189	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100
190	1	[2, 3, 4, 2, 1, 3, 2, 1, 4, 2, 3, 1, ...]	100

Jadwal Baru

Tanggal	Shift Pagi	Shift Siang	Shift Malam
1	2	3	4
2	2	1	3
3	2	1	4
4	2	3	1
5	4	3	2
6	4	1	3
7	2	4	1
8	2	4	3
9	2	1	4
10	3	1	2
11	3	1	4
12	2	3	1
13	4	3	2
14	4	3	4
15	2	1	4
16	2	3	1
17	2	4	3



Gambar 13 Hasil Penjadwalan

Dari hasil penjadwalan pada Gambar 6.4, diketahui bahwa jadwal yang dibentuk berasal dari individu terbaik yaitu individu ke-1 pada iterasi ke-190 dengan nilai fitness = 100. Untuk mengetahui apakah kualitas jadwal yang dihasilkan benar-benar sudah optimal, maka akan dilakukan perhitungan jumlah pelanggaran secara manual yang ada pada jadwal baru tersebut kemudian dibandingkan dengan jumlah pelanggaran yang dihasilkan oleh program.

Table 2 Penjumlahan Pelanggaran

Pelanggaran	Jumlah Pelanggaran	Terjadi pada id
P1	0	Tidak ada
P2	0	Tidak ada
P3	0	Tidak ada
P4	0	Tidak ada

Dari hasil evaluasi dan seleksi yang ditunjukkan pada Gambar 6.5, keterangan pada kolom P1, P2, P3, dan P4 membuktikan bahwa tidak adanya pelanggaran pada jadwal yang dihasilkan. Sehingga individu ke-1 pada iterasi ke-190 mampu menghasilkan nilai fitness = 100. Bila dibandingkan kembali dengan cara penjumlahan pelanggaran secara manual terhadap jadwal yang dihasilkan program, masing-masing menunjukkan bahwa tidak adanya *constraint* yang dilanggar. Sehingga terbukti penerapan algoritma genetika terhadap optimasi penjadwalan jaga lepas mampu memberikan solusi jadwal jaga lepas yang optimal.

7. PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh melalui penerapan dan pengujian algoritma genetika

terhadap optimasi penjadwalan jaga lepas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian ini, implementasi metode algoritma genetika telah berhasil diterapkan terhadap optimasi penjadwalan jaga lepas di mana penjadwalan yang diperoleh mencapai optimal. Adapun metode yang digunakan di dalam operator genetika yaitu one cut point untuk proses crossover, reciprocal exchange mutation untuk proses mutation, dan *elitism* untuk proses seleksinya. Selain itu, perolehan penjadwalan optimal juga dikarenakan oleh parameter algoritma genetika yang menggunakan parameter terbaik dari hasil pengujian yang telah dilakukan.
2. Representasi kromosom yang dibentuk menggunakan angka integer berbasis ID kelompok petugas jaga di mana data kelompok yang ada terdiri dari 4 kelompok yang ada sehingga panjang kromosom yang terbentuk untuk waktu penjadwalan dalam kurun waktu sebulan (30 hari) adalah sepanjang 90 dengan kondisi dalam sehari terdiri dari 3 kelompok jaga yang bertugas.
3. Peran metode algoritma genetika terhadap proses optimasi penjadwalan jaga lepas memiliki pengaruh yang baik dengan berhasil membantu menemukan solusi penjadwalan jaga lepas baru yang optimal. Hal ini terbukti bahwa individu yang dihasilkan dari proses penerapan algoritma genetika memiliki nilai fitness terbesar yaitu 100 dengan tanpa adanya pelanggaran di penjadwalannya.

7.2 Saran

Saran terhadap penelitian ini agar dalam tahap pengembangan berikutnya diharapkan mampu mengoptimasi penjadwalan untuk kelompok jaga yang lebih banyak dengan kondisi tertentu serta kemungkinan adanya penambahan metode baru baik pada proses reproduksi maupun seleksi.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Burke, E., & Petrovic, S. (2002). Recent Research Directions in Automated Timetabling. *European Journal of Operational Research* 140, 266 - 280.
- Ilmi, R., Mahmudy, W., & Ratnawati, D. (2015). Optimasi Penjadwalan Perawat menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Skripsi. DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 13. Malang.

Mahmudy, W. F. (2013). *Algoritma Evolusi*. Malang.

Mangku, D. S. (2013). *Fungsi Evaluatif Filsafat Hukum terhadap Hukum Positif Indonesia*. Pandecta, Volume 8, No. 1. Singaraja. Bali.

Mawaddah, N., & Mahmudy, W. (2006). *Optimasi Penjadwalan Ujian Menggunakan Algoritma Genetika*. *Kursor*, 1 - 8. Malang.

Sari, D., Mahmudy, W., & Ratnawati, D. (2015). *Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran menggunakan Algoritma Genetika (studi kasus: SMPN 1 Gondang Mojokerto)*. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol 5, no. 13. Malang.

Surat Direktorat Jenderal Bina Tuna Warga Departemen Kehakiman, Nomor: DP:3.3/17/1, Tanggal 27 Januari 1975, tentang Peraturan Penjagaan Lembaga Pemasarakatan (PPLP).

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1995 tentang Pemasarakatan.

Widodo, A. W., & Mahmudy, W. F. (2010). *Penerapan Algoritma Genetika pada Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner*. *Jurnal Ilmiah Kursor*, Vol. 5, No. 4. Hlm. 205 - 211.

Wijayaningrum, V., & Mahmudy, W. (2016). *Optimization of Ship's Route Scheduling Using Genetic Algorithm*. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 2, no. 1.