

OPTIMASI PENJADWALAN PENGGUNAAN RUANG OPERASI MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA (STUDI KASUS RSUD DR. SOETOMO DIVISI BEDAH ORTOPEDI)

Lailatul Izza, Mohammad Isa Irawan, dan Inu Laksito W.
Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: mii@its.ac.id

Abstrak— Sebagai rumah sakit negeri kelas A, RSUD Dr. Soetomo dijadikan sebagai rumah sakit rujukan di Jawa Timur. Dengan jumlah pasien yang tidak sedikit, RSUD Dr. Soetomo harus mampu melakukan manajemen rumah sakit. Salah satu bentuk manajemen yang dapat dilakukan adalah membuat sistem penjadwalan ruang operasi. Penjadwalan ruang operasi di RSUD Dr. Soetomo khususnya divisi bedah ortopedi masih dilakukan secara manual. Hal ini memerlukan waktu yang cukup lama. Sehingga perlu adanya sistem penjadwalan ruang operasi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan penjadwalan adalah algoritma genetika. Algoritma genetika membangkitkan solusi-solusi dalam bentuk kromosom yang dievaluasi menggunakan fungsi *fitness* untuk memperoleh solusi yang terbaik. Untuk melakukan penjadwalan, algoritma genetika memerlukan beberapa parameter yaitu ukuran populasi, peluang *crossover*, dan peluang mutasi. Hasil pengujian yang telah dilakukan pada sistem diperoleh bahwa sistem menghasilkan jadwal yang optimal.

Kata Kunci—Penjadwalan Ruang Operasi, Algoritma Genetika.

I. PENDAHULUAN

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Dr. Soetomo merupakan rumah sakit milik pemerintah yang terletak di Surabaya, Jawa Timur. Sebagai salah satu rumah sakit negeri kelas A, RSUD Dr. Soetomo ditetapkan sebagai rujukan rumah sakit tertinggi atau disebut sebagai rumah sakit pusat untuk wilayah Jawa Timur. Rata-rata jumlah pasien setiap tahun mencapai 675.980 pasien [5]. Salah satu divisi yang memiliki pasien yang cukup banyak yaitu divisi bedah ortopedi. Meningkatnya jumlah pasien bedah ortopedi menimbulkan antrian pasien bedah ortopedi yang semakin panjang. Panjangnya antrian pasien juga disebabkan oleh jumlah ruang operasi bedah ortopedi yang terbatas.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, diperlukan usaha untuk meningkatkan efisiensi penggunaan ruang operasi dengan memaksimalkan sumber daya yang ada. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan mengoptimalkan penjadwalan penggunaan ruang operasi untuk meningkatkan kualitas pelayanan rumah sakit tanpa mengabaikan prosedur dan etika medis. Penjadwalan penggunaan ruang operasi di divisi bedah ortopedi sendiri masih dilakukan secara manual. Sehingga memerlukan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, perlu dibuat program sistem penjadwalan penggunaan ruang operasi untuk menghemat waktu yang ada.

Terdapat beberapa penelitian mengenai penjadwalan penggunaan ruang operasi yang dilakukan sebelumnya, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Zhaoxia Zhao dan Xueping Li yaitu mengenai penjadwalan operasi elektif menggunakan *Mixed Integer Nonlinear Programming*

(MINLP) dan *Constraint Programming* (CP) [12]. Selain itu, juga terdapat penelitian yang dilakukan oleh Wei Xiang, Jiao Yin, dan Gino Lim yaitu mengenai penjadwalan penggunaan ruang operasi menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) [13].

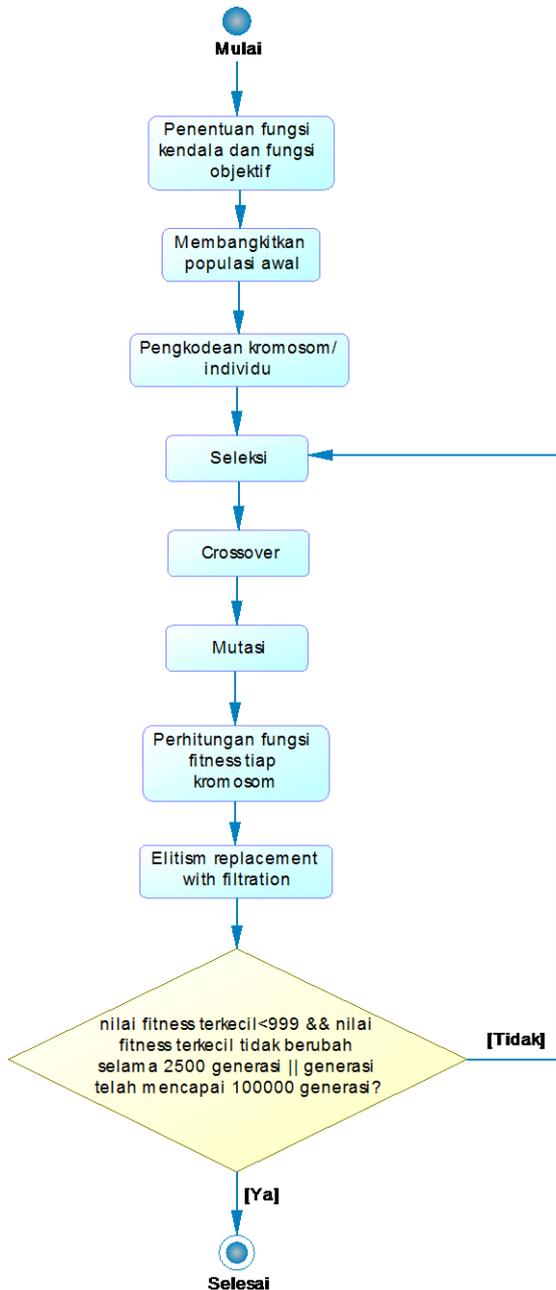
Pada penelitian ini akan digunakan algoritma genetika untuk menjadwalkan penggunaan ruang operasi. Algoritma genetika merupakan suatu teknik pencarian solusi dengan menggunakan prinsip seleksi alam. Algoritma genetika dimulai dengan menentukan himpunan penyelesaian (populasi) yang direpresentasikan dengan kromosom. Solusi dari suatu populasi diambil untuk membentuk populasi baru, dimana pemilihannya tergantung dari nilai *fitness* yang merupakan fungsi evaluasi kromosom. Hal ini diharapkan agar populasi baru yang terbentuk lebih baik dari populasi terdahulu. Proses ini dilakukan berulang-ulang sampai kondisi tertentu terpenuhi.

Algoritma genetika sudah banyak digunakan dalam melakukan penjadwalan, diantaranya yaitu untuk menyelesaikan *flowshop scheduling problem* [1] dan [2], menjadwalkan *job-shop* [6], dan menjadwalkan kereta api [11]. Selain itu, algoritma genetika juga merupakan salah satu metode optimasi yang fleksibel karena hanya membutuhkan input fungsi objektif dan mampu beradaptasi dengan baik sehingga menghasilkan solusi relatif lebih baik. Seperti penerapan algoritma genetika pada distribusi kapal perang angkatan laut [3], penempatan armada TNI-AL [4], penempatan pegawai [7], penugasan kapal patroli TNI-AL [8] dan [9], dan menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* [10].

Pada penelitian ini dibahas mengenai perumusan algoritma genetika untuk melakukan penjadwalan penggunaan ruang operasi RSUD Dr. Soetomo divisi bedah ortopedi serta perancangan dan implementasi sistemnya dengan menggunakan bahasa pemrograman java. Sistem ini hanya digunakan untuk menjadwalkan tipe bedah elektif saja dengan mempertimbangkan urgensi kasus, operator yang bertugas, kelas prioritas, dan *length of stay* pasien. Selain itu, sistem ini tidak mempertimbangkan penambahan alokasi waktu operasi.

II. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, langkah pertama yaitu pengumpulan data pasien dan informasi mengenai penjadwalan penggunaan ruang operasi RSUD Dr. Soetomo divisi bedah ortopedi. Setelah mendapatkan data pasien, dirumuskan algoritma genetika yang sesuai dengan permasalahan. Langkah-langkah algoritma genetika sendiri adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Langkah-langkah algoritma genetika

Setelah dirumuskan algoritma genetika, dilakukan implementasi dalam bahasa pemrograman java kemudian dilakukan ujicoba.

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

A. Konsep Penjadwalan RSUD Dr. Soetomo Divisi Bedah Ortopedi

Dalam melakukan penjadwalan RSUD Dr. Soetomo Divisi Bedah Ortopedi perlu diperhatikan ketersediaan sumber daya yang terlibat dalam penjadwalan. Deskripsi ketersediaan sumber daya yang terlibat dalam penjadwalan dari divisi bedah ortopedi sendiri yaitu sebagai berikut:

1. Jumlah spesialis yang ada di divisi bedah ortopedi (bertindak sebagai opeartor) sebanyak 15 orang yaitu TRI, MED, JUP, MOY, Prof.BP, EDY, BEE, HSO, MCH, SBS, ARN, DNU, Teri, PAY, dan KIS.
2. Jumlah PPDS divisi bedah ortopedi (bertindak sebagai operator) sekitar 55 orang.

3. Jumlah ruang operasi divisi ortopedi sebanyak 3 ruang (610, 612, 614).
4. Dalam masing-masing ruang hanya terdapat 1 tempat tidur.

Sistem penjadwalan ini dilakukan untuk mengatur urutan operasi pada pasien bedah ortopedi (hanya bedah elektif/bukan *emergency*) dengan memperhatikan 5 hal yaitu:

1. Jenis kasus.
Jenis kasus yang ditangani ini maksudnya adalah membedakan prioritas pasien yang akan melakukan operasi. Jenis kasus dibedakan menjadi 2 yaitu *urgent* dan tidak. Jika suatu kasus dikatakan *urgent*, maka sebelum 2 minggu pasien harus sudah dikerjakan.
2. Operator.
Operator yang melakukan operasi di bedah ortopedi dibedakan menjadi 2 yaitu spesialis dan tidak. Jika pasien harus dikerjakan oleh spesialis maka perlu diperhatikan penempatan urutan operasi sehingga tidak ada pasien yang berbeda dikerjakan oleh 1 spesialis dalam waktu yang bersamaan. Jika pasien tidak harus dikerjakan oleh spesialis maka dikerjakan oleh PPDS. Untuk pasien yang dikerjakan oleh PPDS tidak perlu memperhatikan operator yang mengerjakan karena pasien tidak harus dikerjakan oleh PPDS tertentu.
3. *Length of Stay*
Length of stay merupakan data lama pasien mengantri untuk melakukan operasi, terhitung dari data pasien masuk sebagai pasien yang harus dioperasi hingga hari penjadwalan dilakukan. Pasien dengan *length of stay* lebih lama didahulukan untuk dioperasi. *Length of stay* ini diperhitungkan ketika jenis kasus dari pasien sama dan operator yang mengerjakan sama.
4. Kelas prioritas.
Kelas prioritas terdiri dari kelas utama, kelas 1, kelas 2 dan kelas 3. Kelas prioritas yang lebih tinggi lebih didahulukan dibandingkan dengan kelas prioritas dibawahnya. Kelas prioritas ini diperhitungkan ketika jenis kasus dari pasien sama, operator yang mengerjakan sama, dan *length of stay*-nya sama.
5. Perkiraan lama operasi.
Perkiraan lama operasi ini digunakan untuk menentukan urutan pasien sehingga dalam 1 hari jumlah waktu operasi dan *setup time*-nya tidak melebihi waktu buka ruang operasi. Ruang operasi siap digunakan mulai pukul 09.00 hingga pukul 16.00.

Pada paper ini sistem penjadwalan dibuat menggunakan algoritma genetika, dengan memperhatikan beberapa asumsi berikut:

1. Pasien yang dijadwalkan dalam kondisi siap.
2. Alat dan *implant* (jika diperlukan) sudah tersedia.
3. Operator yang dijadwalkan dalam kondisi siap.
4. Ruang operasi siap digunakan.
5. Tidak adanya faktor luar yang menghambat proses operasi yang sedang berjalan.
6. Tidak adanya penambahan waktu dalam proses operasi.
7. *Time setup* pergantian pasien selama 30 menit.

B. Analisis dan Perancangan Sistem

Sistem ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan penjadwalan penggunaan ruang operasi divisi bedah ortopedi RSUD Dr. Soetomo. Kebutuhan *user* tersebut diantaranya:

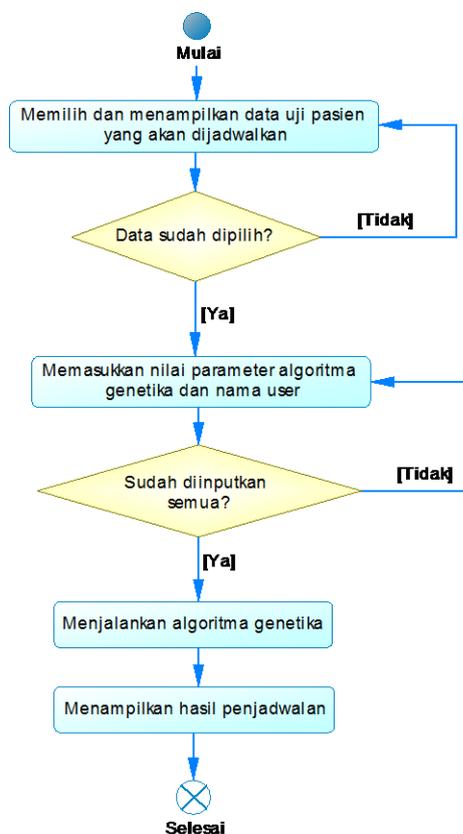
1. Dapat menjadwalkan *n* pasien secara otomatis.
2. Jadwal yang dihasilkan dapat dicetak maupun disimpan dalam bentuk .pdf.

Sistem dirancang dengan alur seperti pada gambar 2.

Data masukan yang diberikan ke sistem adalah data pasien operasi. Data ini diperoleh dari RSUD Dr. Soetomo divisi bedah ortopedi. Data yang dimasukkan terdiri atas nama pasien, jenis kasus, operator, *length of stay*, kelas prioritas, dan perkiraan lama operasi.

Data masukan dibuat untuk membentuk kromosom dan menghitung nilai *fitness*. Data masukan yang ada direpresentasikan dalam bentuk angka. Data jenis kasus direpresentasikan menjadi 0 atau 1. Data operator direpresentasikan menjadi 0 sampai dengan 13. Data *length of stay* tetap. Data kelas prioritas direpresentasikan menjadi 0 sampai dengan 3. Data perkiraan lama operasi tetap.

Data keluaran yang diberikan oleh sistem adalah jadwal penggunaan ruang operasi divisi bedah ortopedi dengan ruang operasi yang ada berjumlah 3 ruang (610,612,613). Jadwal ini juga dapat dicetak dengan ukuran kertas A4 maupun disimpan dalam *file* bertipe .pdf, .doc, atau .xls dengan informasi data yang lebih lengkap.



Gambar 2 Activity diagram

C. Interpretasi Kromosom

Dalam algoritma genetika kromosom merupakan representasi solusi. Dalam masalah penjadwalan penggunaan ruang operasi ini kromosom didefinisikan sebagai kromosom permutasi. Karena kromosom ini merepresentasikan solusi urutan pasien yang dioperasi.

Misalkan dalam masalah penjadwalan pada paper ini terdapat 6 pasien yang akan dioperasi yaitu:

1. Tn. M. Said dengan jenis kasus amputasi setinggi bahu (S) dengan operator MED, kelas prioritas kelas 2, *length of stay*-nya 25 hari, dan perkiraan lama operasinya yaitu 6 jam.
2. Tn. Darmawan dengan jenis kasus PSR dengan operator PPDS, kelas prioritas kelas 2, *length of stay*-nya 18 hari, dan perkiraan lama operasinya yaitu 1 jam.

3. An. Ahmad Arif dengan jenis kasus Disarticulasi hip (D) dengan operator MED, kelas prioritas kelas 3, *length of stay*-nya 9 hari, dan perkiraan lama operasinya yaitu 2 jam.
4. Ny. Siti Kodijah dengan jenis kasus aff plate fibula dengan operator PPDS, kelas prioritas kelas 3, *length of stay*-nya 17 hari, dan perkiraan lama operasinya yaitu 3 jam.
5. Tn. Ahmad Yajid dengan jenis kasus debridement + re ORIF dengan operator EDY, kelas prioritas kelas utama, *length of stay*-nya 25 hari, dan perkiraan lama operasinya yaitu 2 jam.
6. Lukman H. dengan jenis kasus FFMT dengan operator HSO, kelas prioritas kelas 2, *length of stay*-nya 20 hari, dan perkiraan lama operasinya yaitu 6 jam.

Dari 6 data ini kemudian diolah menjadi bentuk kromosom, dengan informasi gen sebagai berikut:

1. Gen 0 merupakan representasi dari Tn. M. Said. Gen 0 ini mengandung informasi:
 $jeniskasus(0) = 0, operator(0) = 1,$
 $kelasBPJS(0) = 2, lengthofstay(0) = 25,$
 dan $lamaoperasi(0) = 6.$
2. Gen 1 merupakan representasi dari Tn. Darmawan. Gen 1 ini mengandung informasi:
 $jeniskasus(1) = 0, operator(1) = -1,$
 $kelasBPJS(1) = 2, lengthofstay(1) = 18,$
 dan $lamaoperasi(1) = 1.$
3. Gen 2 merupakan representasi dari An. Ahmad Arif. Gen 2 ini mengandung informasi:
 $jeniskasus(2) = 1, operator(2) = 1,$
 $kelasBPJS(2) = 3, lengthofstay(2) = 9,$
 dan $lamaoperasi(2) = 2.$
4. Gen 3 merupakan representasi dari Ny. Siti Kodijah. Gen 3 ini mengandung informasi:
 $jeniskasus(3) = 0, operator(3) = -1,$
 $kelasBPJS(3) = 3, lengthofstay(3) = 17,$
 dan $lamaoperasi(3) = 3.$
5. Gen 4 merupakan representasi dari Tn. Ahmad Yajid. Gen 4 ini mengandung informasi:
 $jeniskasus(4) = 0, operator(4) = 5,$
 $kelasBPJS(4) = 0, lengthofstay(4) = 25,$
 dan $lamaoperasi(4) = 2.$
6. Gen 5 merupakan representasi dari Lukman H. Gen 5 ini mengandung informasi:
 $jeniskasus(5) = 0, operator(5) = 7,$
 $kelasBPJS(5) = 2, lengthofstay(5) = 20,$
 dan $lamaoperasi(5) = 6.$

Keterangan:

Informasi $jeniskasus(i) = 0$ jika tidak *urgent*.

Informasi $jeniskasus(i) = 1$ jika *urgent*.

Informasi $operator(i)$ = urutan dokter, urutan dokter adalah sebagai berikut: TRI, MED, JUP, MOY, Prof.BP, EDY, BEE, HSO, MCH, SBS, ARN, DNU, Teri, PAY, dan KIS.

Informasi $operator(i) = -1$ jika operator adalah PPDS.

Informasi $kelasBPJS(i) = 0$ jika kelas prioritas adalah kelas utama.

Informasi $kelasBPJS(i) = 1$ jika kelas prioritas adalah kelas 1.

Informasi $kelasBPJS(i) = 2$ jika kelas prioritas adalah kelas 2.

Informasi $kelasBPJS(i) = 3$ jika kelas prioritas adalah kelas 3.

Informasi $lengthofstay(i) = length of stay$ pasien ke-*i*.

Informasi $lamaoperasi(i) =$ lama operasi pasien ke- i .

Sehingga bentuk kromosom yang dapat dibentuk adalah sebagai berikut:

0	2	3	1	4	5
2	1	3	4	5	0
5	3	4	0	1	2

Gambar 3 Kromosom

dan seterusnya, dengan masing-masing gen memiliki informasi seperti pada penjelasan diatas.

D. Fungsi Kendala

Fungsi kendala berfungsi untuk mengontrol solusi sehingga solusi yang diberikan dapat sesuai dengan aturan yang ada. Aturan dalam membuat jadwal penggunaan ruang operasi meliputi 4 hal yaitu jenis kasus yang dikerjakan, operator yang melakukan operasi, kelas prioritas dari pasien dan perkiraan lama operasi. Fungsi kendala untuk masing-masing aturan adalah sebagai berikut:

1. Jenis kasus.

Misalkan $a_i, i = 0,1, \dots, n - 1$ adalah urutan pasien yang akan dioperasi dan nilai urgensitas untuk pasien ke- i adalah $u(a_i)$. Dengan $u(a_i) = 1$ jika kasus *urgent* telah melewati batas 2 minggu dan $u(a_i) = 0$ jika kasus *urgent*/tidak masih kurang dari 2 minggu. Sehingga nilai urgensitas dapat dinyatakan dengan:

$$u(a_i) = \begin{cases} 1; & lengthofStay(a_i) + hariOp(a_i) \geq 14 \\ 0; & \text{lain} \end{cases}$$

dengan:

$lengthofStay(a_i)$ adalah lama pasien di rumah sakit.
 $hariOp(a_i)$ adalah pasien dioperasi pada hari keberapa terhitung dari hari pembuatan jadwal.
 $i = 0,1, \dots, n - 1, n$ adalah jumlah pasien yang dijadwalkan.

Dengan demikian solusi urutan pasien harus memenuhi:

$$\sum_{i=0}^{n-1} u(a_i) = 0$$

2. Operator.

Misalkan $a_i, i = 0,1, \dots, n - 1$ adalah urutan pasien yang akan dioperasi dan nilai jadwal seorang pasien ke- i terhadap operator (bentrok) adalah $o(a_i)$. $o(a_i) = 1$ jika jadwal pasien ke- i bentrok dengan pasien yang lain dan $o(a_i) = 0$ jika jadwal pasien ke- i tidak bentrok dengan pasien yang lain. Sehingga untuk aturan operator ini dapat dinyatakan dengan:

$$o(a_i) = \begin{cases} 1; & \text{jadwal pasien ke - } i \text{ bentrok} \\ 0; & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

dengan:

$i = 0,1, \dots, n - 1, n$ adalah jumlah pasien yang dijadwalkan.

Jadwal pasien ke- i bentrok jika $operator(a_i) = operator(a_j)$ dan $hariOp(a_i) = hariOp(a_j)$ dan $ruang(a_i) = ruang(a_j)$ dan $sesiOp(a_i) = sesiOp(a_j)$, dengan $j \neq i, j = 0,1, \dots, n - 1$.

Dengan demikian solusi urutan pasien harus memenuhi:

$$\sum_{i=0}^{n-1} o(a_i) = 0$$

3. Length of stay.

Misalkan $a_i, i = 0,1, \dots, n - 1$ adalah urutan pasien yang akan dioperasi, dengan n adalah jumlah pasien. Jika $urgent(a_i) = urgent(a_j)$ dan $operator(a_i) = operator(a_j)$, maka nilai $klos(a_i)$ adalah:

$$klos(a_i) = \begin{cases} 1, & los(a_i) < los(a_j); j > i \\ 0, & \text{yang lain} \end{cases}$$

dengan $j = 1, \dots, n - 1, urgent(a_i)$ adalah jenis kasus dari pasien ke- $i, operator(a_i)$ adalah operator yang mengerjakan, dan $los(a_i)$ adalah *length of stay* dari pasien ke- i .

Dengan demikian solusi urutan pasien harus memenuhi:

$$\sum_{i=0}^{n-1} klos(a_i) = 0$$

4. Kelas prioritas.

Misalkan $a_i, i = 0,1, \dots, n - 1$ adalah urutan pasien yang akan dioperasi, dengan n adalah jumlah pasien. Jika $urgent(a_i) = urgent(a_j)$ dan $operator(a_i) = operator(a_j)$ dan $los(a_i) = los(a_j)$, maka nilai $kbpjs(a_i)$ adalah:

$$kbpjs(a_i) = \begin{cases} 1, & bpjs(a_i) > bpjs(a_j); j > i \\ 0, & \text{yang lain} \end{cases}$$

dengan $j = 1, \dots, n - 1, urgent(a_i)$ adalah jenis kasus dari pasien ke- $i, operator(a_i)$ adalah operator yang mengerjakan, $los(a_i)$ adalah *length of stay* dari pasien ke- i , dan $bpjs(a_i)$ adalah kelas prioritas dari pasien ke- i .

Dengan demikian solusi urutan pasien harus memenuhi:

$$\sum_{i=0}^{n-1} kbpjs(a_i) = 0$$

5. Perkiraan lama operasi.

Misalkan $a_i, i = 0,1, \dots, n - 1$ adalah urutan pasien yang akan dioperasi, dengan n adalah jumlah pasien. Maka hasil penjadwalan per ruang harus memenuhi:

$$\sum_{i=0}^{m-1} (lamaop(a_i) + 0.5) \leq 7$$

dengan $lamaop(a_i)$ adalah perkiraan lama operasi pasien ke- $i, 0.5$ adalah waktu jeda perpindahan antara operasi 1 dengan operasi yang lain, dan m adalah jumlah pasien yang memenuhi pertidaksamaan tersebut.

E. Fungsi Objektif

Fungsi objektif digunakan untuk memberikan solusi yang optimum. Fungsi objektif penjadwalan ini adalah meminimalkan hari operasi dan jumlah ruang yang digunakan di hari terakhir dalam penjadwalan n pasien.

$$F(k_i) = hariOp(i, a_{n-1}) + ruang(i, a_{n-1})$$

dengan $i = 1, \dots, m, m$ ukuran populasi dan n adalah jumlah pasien.

F. Fungsi Fitness

Fungsi *fitness* dalam algoritma genetika merupakan representasi kebugaran suatu kromosom. Fungsi *fitness* ini dapat diperoleh dari fungsi kendala dan fungsi objektif dalam penjadwalan ruang operasi. Berdasarkan fungsi kendala dan fungsi objektif tersebut maka fungsi *fitness* dalam algoritma genetika ini didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 f(k_l) = & \left(1000000 \times \sum_{i=0}^{n-1} u(a_i) \right) \\
 & + \left(100000 \times \sum_{i=0}^{n-1} o(a_i) \right) \\
 & + \left(10000 \times \sum_{i=0}^{n-1} klos(a_i) \right) \\
 & + \left(1000 \times \sum_{i=0}^{n-1} kbpjs(a_i) \right) \\
 & + (10 \times hariOp(a_{n-1}) + ruang(a_{n-1}))
 \end{aligned}$$

dengan:

k_l merupakan kromosom ke- l , $l = 1, 2, \dots, m$, m merupakan ukuran populasi, n merupakan jumlah pasien.

$u(a_i)$ merepresentasikan kesalahan penjadwalan yang melanggar aturan urgensitas.

$o(a_i)$ merepresentasikan kesalahan penjadwalan yang melanggar aturan operator.

$klos(a_i)$ merepresentasikan kesalahan penjadwalan yang melanggar aturan *length of stay*.

$kbpjs(a_i)$ merepresentasikan kesalahan penjadwalan yang melanggar aturan kelas prioritas.

$hariOp(a_{n-1})$ merepresentasikan jumlah hari yang diperlukan untuk mengoperasikan n pasien.

$ruang(a_{n-1})$ merepresentasikan jumlah ruang yang digunakan di hari terakhir operasi.

Kromosom yang baik adalah kromosom yang memiliki nilai *fitness* terkecil. Hal ini dikarenakan nilai *fitness* ini merepresentasikan besarnya nilai kesalahan suatu kromosom terhadap fungsi kendala dan lamanya hari penjadwalan untuk n pasien.

IV. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN HASIL

Pengujian pengaruh peluang *crossover* dan mutasi pada sistem ini dilakukan untuk menguji data sebanyak 26 pasien dengan 36 kombinasi parameter algoritma genetika yaitu ukuran populasi, peluang *crossover*, dan peluang mutasi. Dengan ukuran populasi 30, 50, dan 80. Sedangkan peluang *crossover* sebesar 1, 0.8 dan 0.5 serta peluang mutasi sebesar 0.01, 0.1, 0.3, dan 0.5. Jumlah generasi maksimum ditentukan oleh sistem. Iterasi berhenti jika nilai *fittest* yang diperoleh sudah memenuhi semua kendala dan tidak berubah selama 2500 iterasi atau generasi telah mencapai 100000 generasi. Masing-masing kombinasi diuji sebanyak 5 kali.

Dalam pengujian diperoleh bahwa nilai *fitness* dominan yang muncul adalah 53. Berdasarkan pengujian tersebut, banyaknya nilai dominan muncul untuk masing-masing kombinasi parameter algoritma genetika ditunjukkan oleh Tabel 1.

Dari data pada Tabel 1 terlihat bahwa hasil dari kombinasi parameter diatas tidak terlalu mempengaruhi nilai *fitness* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh kriteria pemberhentian yang telah didefinisikan. Dari data Tabel 1 terdapat 14 kombinasi yang menghasilkan 5 kali muncul nilai *fitness* dominan. Berdasarkan data tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa ukuran populasi yang baik adalah 50, dengan peluang *crossover* sebesar 0.8 dan peluang mutasi sebesar 0.5.

Pengujian pengaruh peluang *crossover* dan mutasi terhadap waktu komputasi pada sistem ini dilakukan untuk

menguji data sebanyak 26 pasien dengan 14 kombinasi percobaan. Berdasarkan pengujian sebelumnya 14 kombinasi inilah yang menghasilkan nilai *fitness* yang stabil. Pada pengujian ini dilihat waktu komputasi dari tiap kombinasi untuk 5 kali uji. Hasil pegujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa rata-rata waktu komputasi yang dibutuhkan dalam setiap kombinasi cukup beragam. Kombinasi dengan ukuran populasi 80 memiliki waktu komputasi yang cukup lama dibandingkan dengan kombinasi lainnya. Rata-rata waktu komputasi terkecil yaitu untuk kombinasi dengan ukuran populasi 30, peluang *crossover* 1 dan peluang mutasi sebesar 0.5.

Dari pengujian sebelumnya diperoleh informasi bahwa kombinasi terbaik adalah ukuran populasi sama dengan 50, dengan peluang *crossover* sebesar 0.8 dan peluang mutasi sebesar 0.5. Kemudian berdasarkan informasi rata-rata waktu komputasinya pun tidak terlalu lama. Sehingga kombinasi inilah yang baik untuk digunakan dalam permasalahan ini.

Berdasarkan pengujian sebelumnya dapat dilihat bahwa kombinasi yang menghasilkan nilai *fitness* yang stabil dengan waktu komputasi cukup cepat yaitu kombinasi dengan ukuran populasi 50, peluang *crossover* 0.8, dan peluang mutasi 0.5. Sehingga, dalam pengujian banyaknya pasien yang dapat dijadwalkan oleh sistem digunakan parameter tersebut. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah pasien yang dijadwalkan semakin lama waktu komputasi yang diperlukan. Untuk nilai *fitness*-nya sampai dengan 49 pasien masih memenuhi semua kendala yang ada. Hal ini terlihat dari nilai *fitness*-nya yang kurang dari 999.

Ukuran Populasi	Peluang Crossover	Peluang Mutasi	Jumlah Kemunculan
30	1	0.01	4 kali
30	1	0.1	4 kali
30	1	0.3	4 kali
30	1	0.5	5 kali
30	0.8	0.01	4 kali
30	0.8	0.1	2 kali
30	0.8	0.3	5 kali
30	0.8	0.5	5 kali
30	0.5	0.01	4 kali
30	0.5	0.1	3 kali
30	0.5	0.3	3 kali
30	0.5	0.5	4 kali
50	1	0.01	4 kali
50	1	0.1	5 kali
50	1	0.3	5 kali
50	1	0.5	4 kali
50	0.8	0.01	4 kali
50	0.8	0.1	5 kali
50	0.8	0.3	4 kali
50	0.8	0.5	5 kali
50	0.5	0.01	3 kali
50	0.5	0.1	5 kali
50	0.5	0.3	4 kali
50	0.5	0.5	5 kali
80	1	0.01	4 kali
80	1	0.1	5 kali
80	1	0.3	5 kali
80	1	0.5	5 kali
80	0.8	0.01	4 kali
80	0.8	0.1	4 kali
80	0.8	0.3	5 kali
80	0.8	0.5	5 kali
80	0.5	0.01	4 kali
80	0.5	0.1	3 kali
80	0.5	0.3	4 kali
80	0.5	0.5	4 kali

Tabel 1 Hasil pengujian banyaknya nilai *fitness* dominan yang muncul

Ukuran Populasi	Peluang Crossover	Peluang Mutasi	Waktu Komputasi (detik) Pengujian ke					Rata-Rata
			1	2	3	4	5	
30	1	0.5	259	207	452	291	140	269,8
30	0.8	0.3	538	554	622	429	159	460,4
30	0.8	0.5	298	559	293	246	151	309,4
50	1	0.1	548	641	512	1266	1702	933,8
50	1	0.3	650	374	537	382	355	459,6
50	0.8	0.1	356	230	423	450	323	356,4
50	0.8	0.5	444	287	204	435	311	336,2
50	0.5	0.1	307	344	412	365	606	406,8
50	0.5	0.5	235	365	391	362	388	348,2
80	1	0.1	1576	1058	1222	1319	1312	1297,4
80	1	0.3	1181	1445	1447	1567	1603	1448,6
80	1	0.5	1428	1766	1559	1688	1763	1640,8
80	0.8	0.3	1568	1455	1616	2485	3157	2056,2
80	0.8	0.5	1473	705	711	800	1062	950,2

Tabel 2 Hasil pengujian pengaruh peluang crossover dan mutasi pada sistem terhadap waktu komputasi

Jumlah Pasien	Nilai Fitness	Waktu Komputasi (detik)
3	12	14
5	21	50
26	53	189
39	73	840
44	83	1356
49	101	5109

Tabel 3 Hasil Pengujian banyaknya pasien yang dapat dijadwalkan

V. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam membuat sistem penjadwalan penggunaan ruang operasi di RSUD Dr. Soetomo divisi bedah ortopedi dirumuskan 5 fungsi kendala yang terdiri atas urgensitas, operator, length of stay, kelas prioritas, dan lama waktu operasi.
2. Optimalisasi algoritma genetika untuk menjadwalkan penggunaan ruang operasi dirumuskan dengan fungsi fitness yang merupakan gabungan antara fungsi objektif dan fungsi kendala yang telah didefinisikan pada bab sebelumnya.
3. Telah dirancang dan dibuat perangkat lunak penjadwalan penggunaan ruang operasi di RSUD Dr. Soetomo divisi ortopedi dengan menggunakan bahasa pemrograman java.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Chang, P., Chen, S., & Chan, C.-L. (2008). Genetic algorithm integrated with artificial chromosomes for multi-objective flowshop scheduling problems. *Applied Mathematics and Computation*, 550-561.

[2] Firmansyah, A., Irawan, M. I., & Utomo, D. B. (2016). ALGORITMA GENETIKA DENGAN MODIFIKASI KROMOSOM UNTUK PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN FLOWSHOP. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, 1-6.

[3] Hozairi, A., K. B., Masroeri, & Irawan, M. I. (2014). IMPLEMENTATION OF NONDOMINATED SORTING GENETIC ALGORITHM -- II (NSGA-II) FOR MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION PROBLEMS ON DISTRIBUTION OF INDONESIAN NAVY WARSHIP. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 274-281.

[4] Hozairi, Artana, K. B., Masroeri, & Irawan, M. I. (2012). IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT CONTROL FOR OPTIMIZATION OF FLEET PLACEMENT TNI-AL SHIPS USING GENETIC ALGORITHM. *Academic Research International*, 17-30.

[5] <http://rumah-sakit.findthebest.co.id/1/232/RSU-Dr-Soetomo> diakses 20 Februari 2016 15:48

[6] Li, Y., & Chen, Y. (2010). A Genetic Algorithm for Job-Shop Scheduling. *Journal of Software*, Vol. 5, No. 3, 269-274.

[7] Muhtaromi, M., & Irawan, M. I. (2015). Perancangan Prototipe Perangkat Lunak untuk Penempatan Pegawai dengan Model Pilihan dari Perspektif Dua Arah Berbasis Algoritma Genetika. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 4, No.2*, A73-A78.

[8] Pudji, S., Artana, K. B., Masroeri, A., Dinariyana, A., & Irawan, M. I. (2014). IMPLEMENTASI BINARY GENETIC ALGORITHM (BGA) UNTUK OPTIMASI PENUGASAN KAPAL PATROLI TNI - AL DALAM RANGKA KEAMANAN WILAYAH LAUT INDONESIA. *Seminar Nasional IENACO-2014*, 398-407.

[9] Santoso, P., A., K. B., Masroeri, Irawan, M. I., & Dinariyana, A. (2014). THE IMPLEMENTATION OF BINARY GENETIC ALGORITHM (BGA) FOR OPTIMIZING THE TASK OF INDONESIAN NAVY SHIP PATROLS RELATED TO THE SECURITY OF INDONESIA SEAS. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 247-253.

[10] Shahab, M. L., Utomo, D. B., & Irawan, M. I. (2016). DECOMPOSING AND SOLVING CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP) USING TWO-STEP GENETIC ALGORITHM (TSGA). *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 461-468.

[11] Tormos, P., Lova, A., Barber, F., Ingolotti, L., Abril, M., & Salido, M. (2008). A Genetic Algorithm for Railway Scheduling Problems. *Springer*, 255-276.

[12] Xiang, W., Yin, J., & Lim, G. (2015). An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 335-345.

[13] Zhao, Z., & Li, X. (2014). Scheduling elective surgeries with sequence-dependent setup times to multiple operating rooms using constraint programming. *Operations Research for Health Care*, 160-167.