

PENJADWALAN KAPAL PENYEBERANGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Ria Febriyana¹, Wayan Firdaus Mahmudy²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawjaya
Email: ¹febriyanaria@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Penyusunan penjadwalan kapal penyeberangan di Pelabuhan Ketapang – Gilimanuk sangatlah penting agar para penumpang pengguna jasa kapal laut mendapatkan pelayanan yang maksimal. Karena pembuatan penjadwalan masih dibuat secara manual sehingga memungkinkan ada nama kapal yang sama dalam sehari yang beroperasi dan tidak adanya keadilan pada pembagian porsi masing-masing kapal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu sistem komputerisasi penjadwalan kapal guna mempercepat pengaturan jadwal pemberangkatan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Penerapan metode algoritma genetika dalam permasalahan penjadwalan kapal mampu menghasilkan solusi yang baik dengan menggunakan representasi kromosom permutasi bilangan *integer*, metode *crossover* menggunakan *one cut-point crossover*, mutasi menggunakan *reciprocal exchange mutation*, dan seleksi menggunakan *elitism selection*. Dari pengujian parameter didapat hasil yaitu antara lain ukuran populasi sebesar 180, banyaknya generasi 200, serta kombinasi *crossover rate*=0,6 dan *mutation rate*=0,4.

Kata kunci: kapal, penjadwalan, algoritma genetika.

Abstract

Arrangement schedule for dispatching ships in Ketapang – Gilimanuk Harbor is strongly important to make all the passengers get the best service. As the schedule arrangement is made manually, it is possible that there are ships with same name work in a day; another problem is there is no equality in distributing the portion for each ships. To solve that kind of problems, dispatching schedule using computerization is needed in order to make the dispatching schedule of the ships faster in Ketapang – Gilimanuk Harbor. The use of genetic algorithm method in dispatching schedule of ships produces a good solution with using representative of numeral integer chromosome permutation, crossover method using one cut-point crossover, mutation using reciprocal exchange mutation, and selection using elitism selection. From parameter test's result, there are some outcomes such as 180 population size, 200 the amount of generation, and also the combination of crossover rate=0,6 and mutation rate=0,4.

Keywords: ship, schedule, genetic algorithm.

1. PENDAHULUAN

Di ujung timur Pulau Jawa yaitu tepatnya di Kabupaten Banyuwangi memiliki tempat penyeberangan kapal yang berfungsi sebagai pelabuhan atau tempat bersandarnya kapal yang akan mengantarkan manusia atau barang dari Pelabuhan Ketapang, Kabupaten Banyuwangi menuju Pelabuhan Gilimanuk yang berada di pulau Bali, begitu juga sebaliknya. Keberadaan pelabuhan ini, tentu sangat penting dan membantu semua sektor dalam proses penjadwalan pemberangkatan dan kedatangan kapal yang ada di Pelabuhan Ketapang, Kabupaten Banyuwangi. Salah satu tugas penting dari Pelabuhan Ketapang adalah pembuatan jadwal pemberangkatan kapal yang beroperasi setiap hari.

Penjadwalan pemberangkatan kapal yang baik tentu akan menghasilkan pelayanan yang prima dan memuaskan para penumpang pengguna jasa transportasi angkutan laut yaitu kapal. Semua kapal yang ada di pelabuhan Ketapang jumlahnya banyak

dan terjadwal secara rutin oleh para pegawai di Kantor PT ASDP Cabang Ketapang, Kabupaten Banyuwangi berdasarkan utusan Otoritas Pelabuhan Penyeberangan. Akan tetapi masih ada kendala yang dihadapi dalam proses penyusunan penjadwalan pemberangkatan kapal, dikarenakan pembuatan penjadwalan masih dibuat secara manual, dengan jumlah kapal yang banyak dan dermaga yang terbatas, sehingga memungkinkan ada nama kapal yang sama dalam sehari yang beroperasi, memasukkan nama kapal docking, serta tidak adanya keadilan pada pembagian porsi masing-masing kapal.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan jadwal pemberangkatan kapal penyeberangan secara adil dan rutin untuk memenuhi penjadwalan yang baik. Apabila dihitung secara manual jadwal pemberangkatan kapal tersebut sangat rumit dan tentunya membutuhkan suatu ketelitian dan waktu yang cukup lama.

Penerapan algoritma genetika telah dibahas pada penelitian sebelumnya. Penelitian Ilmi dkk. (2015)

membahas tentang permasalahan penjadwalan perawat menggunakan metode algoritma genetika. Permasalahan tersebut menggunakan representasi permutasi bilangan *integer*, metode *crossover* menggunakan *one cut-point crossover*, mutasi menggunakan *reciprocal exchange mutation*, dan seleksi menggunakan *elitism selection*. Dari pengujian permasalahan tersebut didapat kromosom terbaik dengan nilai *fitness* tertinggi dengan hasil akhirnya didapat sebuah jadwal jaga perawat selama 1 bulan di ruang ICU.

Penulis juga menemukan penelitian yang relevan yaitu pada penelitian Zulfa dkk. (2015) yang menerapkan algoritma genetika dalam permasalahan penyusunan jadwal mengajar asisten laboratorium. Permasalahan tersebut timbul karena adanya jadwal yang bentrok antara jadwal kegiatan asisten dengan jadwal mengajar asisten dan proses penyusunan jadwal yang membutuhkan waktu lama apabila dilakukan secara manual. Permasalahan tersebut menggunakan representasi permutasi berbasis kode asisten, metode *crossover* menggunakan *one cut-point crossover*, mutasi menggunakan *reciprocal exchange mutation*, dan seleksi menggunakan *elitism selection*. Dengan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan tersebut, penggunaan algoritma genetika telah terbukti berhasil dalam mengatasi berbagai permasalahan, sehingga pada skripsi ini menggunakan algoritma genetika dalam optimasi permasalahan penjadwalan kapal.

Berdasarkan permasalahan dan metode yang telah dijelaskan tersebut, maka penulis tertarik untuk membahas dan meneliti lebih lanjut mengenai Optimasi Penjadwalan Kapal Penyeberangan Ketapang – Gilimanuk Menggunakan Algoritma Genetika yang akan dikembangkan dalam studi ini.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penjadwalan Kapal

Menurut Wismulyani (2008) kapal adalah suatu alat transportasi yang sering digunakan masyarakat Indonesia untuk dapat saling berhubungan dari satu pulau ke pulau yang lain di seluruh wilayah Indonesia karena Indonesia itu sendiri berbentuk sebagai negara kepulauan yang terdiri dari beberapa pulau. Perahu dan kapal merupakan alat transportasi yang utama di negara Indonesia. Kapal memiliki bentuk, fungsi, dan warna yang beraneka ragam.

2.2. Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang didasarkan pada seleksi alam dan genetik. Sifat dari algoritma genetika yaitu mencari kemungkinan dari calon solusi-solusi yang ada dengan tujuan untuk mendapatkan penyelesaian masalah secara optimal (Widodo dan Mahmudy, 2010). Algoritma genetika

mengkombinasikan secara acak individu terbaik yang ada pada suatu populasi dan dilakukan secara berulang-ulang dari generasi ke generasi dengan menggunakan tiga operator dasar, yaitu *crossover*, mutasi, dan seleksi (Wijayaningrum dan Mahmudy, 2016).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Studi Pustaka

Tahapan penelitian yang pertama yaitu studi pustaka yang dilakukan dengan mencari, mendapatkan, dan mengumpulkan dasar-dasar teori dan sumber acuan mengenai metode algoritma genetika dan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk yang nantinya dapat dipelajari mengenai informasi, pengetahuan, dan teori yang terkait tentang pembuatan sistem agar dari hasil penelitian, dapat menyelesaikan penyusunan penjadwalan kapal.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan yang penting, dengan tujuan agar mendapatkan data yang tepat sehingga sesuai dengan perumusan masalah yang telah ditentukan dari awal. Proses pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan melakukan observasi dan wawancara. Tahap untuk memperoleh data dengan melakukan observasi yaitu datang secara langsung di Kantor PT ASDP Indonesia Ferry Cabang Ketapang, Kabupaten Banyuwangi dan Kantor Otoritas Pelabuhan Penyeberangan Ketapang – Gilimanuk.

3.3 Pengolahan Data dan Perancangan Sistem

Tahap studi pustaka dan pengumpulan data telah dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah mengolah data yang telah didapat dan melakukan perancangan sistem. Tahap perancangan sistem ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem optimasi penjadwalan kapal menggunakan algoritma genetika untuk mempermudah penulis dalam melakukan tahap selanjutnya dan agar menghasilkan sistem yang optimal.

3.4 Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem ini yaitu dengan menerapkan algoritma genetika dalam permasalahan pengoptimalan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk berdasarkan perancangan sistem yang telah dirancang. Dalam implementasi sistem ini, menggunakan bahasa pemrograman Java, pembuatan antarmuka, dan nama kapal yang diperoleh dari Kantor PT ASDP Indonesia Ferry Cabang Ketapang dan Kantor Otoritas Pelabuhan Penyeberangan Ketapang – Gilimanuk.

3.5 Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem ini penulis menguji sistem sesuai dengan parameter algoritma genetika, yaitu antara lain pengujian ukuran populasi, banyaknya generasi, serta kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*). Pengujian dilakukan agar dapat membuktikan bahwa hasil sistem berupa perangkat lunak (*software*) tersebut telah mampu bekerja dengan baik sesuai dengan kebutuhan dan mengetahui seberapa baik solusi yang didapatkan dalam penerapan algoritma genetika dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk.

3.6 Evaluasi Sistem

Langkah terakhir yaitu tahap evaluasi sistem yaitu dengan mengevaluasi hasil pengujian menggunakan algoritma genetika dalam penyusunan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Evaluasi sistem yang dilakukan yaitu melakukan pengujian kembali mengenai hasil dari parameter terbaik yang telah dilakukan sebelumnya.

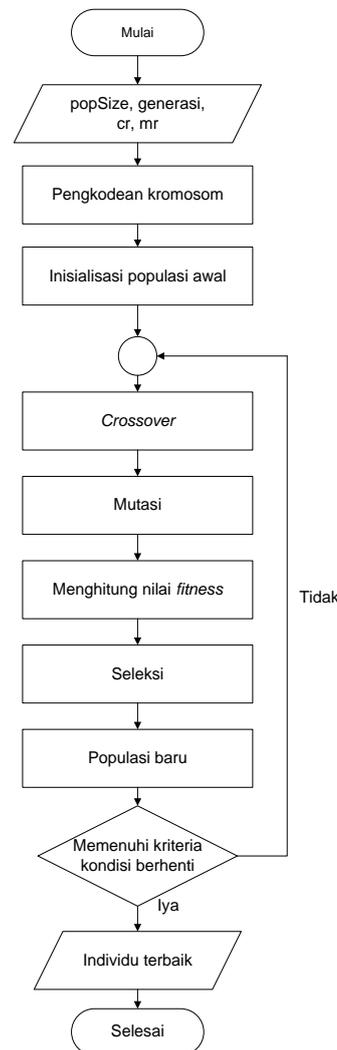
4. PERANCANGAN

4.1 Siklus Algoritma

Adapun siklus algoritma dalam penyelesaian permasalahan optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan algoritma genetika adalah sebagai berikut.

1. Memasukkan parameter algoritma genetika yang digunakan yaitu antara lain ukuran populasi (*popSize*), banyaknya generasi (*generasi*), *crossover rate* (*cr*), dan *mutation rate* (*mr*).
2. Melakukan pengkodean kromosom dengan menggunakan representasi kromosom bilangan *integer* yang sesuai dengan porsi yang telah ditentukan.
3. Membangkitkan populasi awal secara acak sesuai dengan ukuran populasi yang telah ditentukan.
4. Melakukan proses reproduksi, yaitu yang pertama dengan cara *crossover* dengan memilih dua *parent* secara acak lalu menentukan titik potongnya dan menghasilkan *child*. Metode *crossover* yang digunakan adalah *one cut-point crossover*.
5. Melakukan proses reproduksi, yaitu yang kedua dengan cara mutasi dengan cara memilih dua gen pada kromosom yang telah terpilih secara acak untuk dilakukan proses mutasi, kemudian ditukarkan nilai gennya tersebut dan menghasilkan *child*. Metode mutasi yang digunakan adalah *reciprocal exchange mutation*.
6. Melakukan perhitungan nilai *fitness* pada masing-masing individu.

7. Melakukan evaluasi dengan cara seleksi dengan memilih suatu individu sebanyak jumlah populasi gabungan dari individu dan *child* hasil proses *crossover* dan mutasi untuk dapat berlanjut pada iterasi selanjutnya berdasarkan nilai *fitness* tertinggi sampai terendah sesuai dengan jumlah populasi.
8. Apabila telah memenuhi kriteria kondisi berhenti, maka proses iterasi akan berhenti dan dihasilkan solusi terbaik yaitu suatu individu yang memiliki nilai *fitness* tertinggi. Namun, apabila kriteria kondisi berhenti belum terpenuhi, maka proses iterasi akan terus berlanjut.



Gambar 1 Flowchart Proses Algoritma Genetika

4.2 Siklus Penyelesaian Algoritma Genetika

4.2.1 Representasi Kromosom

Dalam permasalahan optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan representasi kromosom permutasi. Penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dalam satu hari dibutuhkan 8 kapal tiap harinya sehingga

kebutuhan penjadwalan kapal selama satu minggu yakni 7 hari maka kromosom penyusunan menggunakan algoritma genetika adalah sebanyak $8 \times 7 = 56$ gen. Gen dalam kromosom direpresentasikan dengan angka *integer* yang menunjukkan nomor kode kapal. Terdapat 10 kapal yang ada sehingga susunan angka *integer* gennya yaitu angka 1 sampai dengan 10. Dalam waktu 1 minggu atau 7 hari, setiap kapal mendapat jadwal operasi sebanyak $56 : 10 = 5,6$. Sehingga jadwal operasi kapal dapat dilakukan 5 atau 6 kali dalam seminggu. Berikut representasi kromosom yang digambarkan pada Gambar 2.

Hari ke 1

| | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|---|----|----|
| 1 | 2 | 6 | 3 | 4 | 7 | 8 | 1 |
| 2 | 3 | 7 | 3 | 5 | 5 | 10 | 4 |
| 3 | 2 | 8 | 7 | 1 | 6 | 9 | 5 |
| 4 | 3 | 9 | 8 | 5 | 1 | 6 | 10 |
| 5 | 4 | 10 | 9 | 6 | 4 | 7 | 8 |
| 6 | 5 | 1 | 10 | 7 | 8 | 9 | 2 |
| 2 | 6 | 2 | 1 | 10 | 9 | 3 | 4 |

Hari ke 7

Gambar 2 Representasi Kromosom

Berikut ini merupakan konversi kromosom menjadi jadwal kapal selama 7 hari yaitu pada Tabel 1 adalah sebagai berikut.

Tabel 1 Konversi Kromosom Menjadi Jadwal Kapal selama 7 hari

| HARI | Representasi Kromosom | | | | | | | |
|------|-----------------------|---|----|----|----|---|----|----|
| | KAPAL | | | | | | | |
| 1. | 1 | 2 | 6 | 3 | 4 | 7 | 8 | 1 |
| 2. | 2 | 3 | 7 | 3 | 5 | 5 | 10 | 4 |
| 3. | 3 | 2 | 8 | 7 | 1 | 6 | 9 | 5 |
| 4. | 4 | 3 | 9 | 8 | 5 | 1 | 6 | 10 |
| 5. | 5 | 4 | 10 | 9 | 6 | 4 | 7 | 8 |
| 6. | 6 | 5 | 1 | 10 | 7 | 8 | 9 | 2 |
| 7. | 2 | 6 | 2 | 1 | 10 | 9 | 3 | 4 |

Fitness adalah ukuran suatu nilai yang dibentuk dari individu. Nilai tersebut dihitung berdasarkan jumlah pelanggaran penyusunan penjadwalan. Berikut merupakan rumus nilai *fitness* yang dibentuk.

$$Fitness = \frac{1}{1 + (\sum P1 * 20 + \sum P2 * 35 + \sum P3 * 45)} \quad (1)$$

Keterangan:

- P1 = Pelanggaran 1
- P2 = Pelanggaran 2
- P3 = Pelanggaran 3

Untuk dapat menghasilkan penjadwalan yang baik, terdapat beberapa *constraint* atau batasan dalam penyusunan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Pengertian *constraint* adalah suatu batasan yang tidak boleh terjadi agar dapat

menghasilkan suatu penjadwalan yang baik. Apabila penjadwalan tersebut terjadi suatu pelanggaran dengan apa yang telah ditetapkan maka akan diberikan suatu nilai pinalti untuk setiap pelanggaran. Nilai konstanta pada rumus *fitness* merupakan nilai yang berdasarkan pada jenis pelanggaran.

Jenis pelanggaran ada 2 jenis, yaitu *hard constraint* dan *soft constraint*. *Hard constraint* adalah suatu batasan atau aturan keras yang harus dapat dipenuhi dalam penyusunan penjadwalan, sedangkan *soft constraint* adalah batasan atau aturan yang masih bisa “ditawar”, akan tetapi sedapat mungkin dipenuhi agar dapat menghasilkan solusi penjadwalan yang baik. Apabila jumlah pelanggaran yang dihasilkan semakin kecil, maka penjadwalan yang dihasilkan akan semakin baik sehingga solusi penjadwalan yang baik dapat terpenuhi. Berikut Tabel 2 merupakan batasan atau *constraint* dalam permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Jenis Pelanggaran Penjadwalan Kapal

| No. | Pelanggaran | Jenis Pelanggaran | Konstanta Pelanggaran | Nilai Pelanggaran |
|-----|--|------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1. | Kapal beroperasi tidak sesuai dengan porsi yang ditentukan (P1) | <i>soft constraint</i> | 20 | 1 |
| 2. | Dalam sehari, kapal tidak boleh muncul lebih dari satu nama kapal yang sama (P2) | <i>hard constraint</i> | 35 | 1 |
| 3. | Apabila kapal docking, maka kapal tidak dapat beroperasi (P3) | <i>hard constraint</i> | 45 | 1 |

4.3.2 Inisialisasi Populasi Awal

Inisialisasi populasi awal merupakan penyelesaian pencarian untuk mendapatkan solusi penjadwalan yang optimal. Algoritma genetika ini dilakukan inisialisasi dengan membuat suatu himpunan solusi yang nantinya akan dievaluasi yang apabila solusi tersebut bukan merupakan solusi yang optimal maka dilakukan proses reproduksi.

Dalam permasalahan optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk, peneliti menggunakan representasi *integer* yang dibangkitkan

secara acak sesuai dengan porsi yang telah ditentukan. Berikut Gambar 3 yang merupakan contoh individu awal yang dibangkitkan secara acak.

| | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|---|----|----|
| 1 | 2 | 6 | 3 | 4 | 7 | 8 | 1 |
| 2 | 3 | 7 | 3 | 5 | 5 | 10 | 4 |
| 3 | 2 | 8 | 7 | 1 | 6 | 9 | 5 |
| 4 | 3 | 9 | 8 | 5 | 1 | 6 | 10 |
| 5 | 4 | 10 | 9 | 6 | 4 | 7 | 8 |
| 6 | 5 | 1 | 10 | 7 | 8 | 9 | 2 |
| 2 | 6 | 2 | 1 | 10 | 9 | 3 | 4 |

Gambar 3 Contoh Individu Awal

4.3.3 Reproduksi

Terdapat proses *crossover* dan mutasi pada tahap reproduksi ini. *Crossover* adalah proses penggabungan dua kromosom induk yang sebelumnya telah ditentukan titik potongnya menjadi kromosom baru (*offspring*). Metode *crossover* yang digunakan dalam permasalahan penjadwalan kapal ini adalah *one cut-point crossover*.

Pada contoh perhitungan manual ini, peneliti menggunakan *crossover* dengan inisialisasi *crossover rate* (*cr*) 0,2. Langkah pertama yaitu dengan memilih 2 induk secara acak untuk melalui proses *crossover* tersebut. Misalnya saja individu yang terpilih untuk melakukan proses *crossover* adalah individu 1 dan 2. Titik *crossover* ini dipilih secara acak dan menghasilkan *one cut-point crossover* pada hari ke 4. Berikut Gambar 4 yang merupakan hasil proses *crossover*.

Parent 1

| | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|---|----|----|
| 1 | 2 | 6 | 3 | 4 | 7 | 8 | 1 |
| 2 | 3 | 7 | 3 | 5 | 5 | 10 | 4 |
| 3 | 2 | 8 | 7 | 1 | 6 | 9 | 5 |
| 4 | 3 | 9 | 8 | 5 | 1 | 6 | 10 |
| 5 | 4 | 10 | 9 | 6 | 4 | 7 | 8 |
| 6 | 5 | 1 | 10 | 7 | 8 | 9 | 2 |
| 2 | 6 | 2 | 1 | 10 | 9 | 3 | 4 |

Parent 2

| | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|----|---|
| 1 | 2 | 8 | 4 | 5 | 6 | 2 | 8 |
| 10 | 4 | 3 | 7 | 5 | 6 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 1 | 5 | 8 | 9 | 10 | 7 |
| 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 1 | 8 | 9 |
| 1 | 10 | 9 | 8 | 6 | 4 | 5 | 7 |
| 3 | 4 | 6 | 9 | 2 | 3 | 7 | 1 |

| | | | | | | | |
|----|---|----|---|---|---|---|---|
| 10 | 9 | 10 | 5 | 4 | 3 | 7 | 6 |
|----|---|----|---|---|---|---|---|

Child 1

| | | | | | | | |
|----|----|----|---|---|---|----|----|
| 1 | 2 | 6 | 3 | 4 | 7 | 8 | 1 |
| 2 | 3 | 7 | 3 | 5 | 5 | 10 | 4 |
| 3 | 2 | 8 | 7 | 1 | 6 | 9 | 5 |
| 4 | 3 | 9 | 8 | 5 | 1 | 6 | 10 |
| 1 | 10 | 9 | 8 | 6 | 4 | 5 | 7 |
| 3 | 4 | 6 | 9 | 2 | 3 | 7 | 1 |
| 10 | 9 | 10 | 5 | 4 | 3 | 7 | 6 |

Child 2

| | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|---|----|---|
| 1 | 2 | 8 | 4 | 5 | 6 | 2 | 8 |
| 10 | 4 | 3 | 7 | 5 | 6 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 1 | 5 | 8 | 9 | 10 | 7 |
| 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 1 | 8 | 9 |
| 5 | 4 | 10 | 9 | 6 | 4 | 7 | 8 |
| 6 | 5 | 1 | 10 | 7 | 8 | 9 | 2 |
| 2 | 6 | 2 | 1 | 10 | 9 | 3 | 4 |

Gambar 4 Proses Crossover

Setelah melakukan proses *crossover*, langkah selanjutnya yaitu dengan melakukan proses mutasi. Mutasi adalah proses perubahan nilai gen yang dilakukan secara acak. Dalam penelitian ini, proses mutasi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *reciprocal exchange mutation* yaitu dengan memilih dua posisi (*exchange point/XP*) kromosom pada hari tertentu secara acak kemudian menukar nilai pada posisi tersebut. Individu yang terpilih untuk melakukan proses *crossover* adalah individu 3. Berikut Gambar 5 yang merupakan contoh perhitungan manual hasil proses mutasi yang dilakukan dengan inisialisasi *mutation rate* (*mr*) 0,3.

Parent 3 sebelum proses mutasi

| | | | | | | | |
|---|----|---|---|----|----|---|----|
| 8 | 1 | 4 | 8 | 9 | 10 | 3 | 2 |
| 1 | 5 | 6 | 8 | 3 | 5 | 9 | 1 |
| 1 | 4 | 6 | 9 | 2 | 8 | 2 | 10 |
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 7 | 7 |
| 3 | 5 | 7 | 8 | 2 | 4 | 5 | 10 |
| 3 | 6 | 6 | 9 | 10 | 4 | 1 | 7 |
| 9 | 10 | 7 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Parent 3 setelah proses mutasi

| | | | | | | | |
|---|----|---|---|----|----|---|----|
| 7 | 1 | 4 | 8 | 9 | 10 | 3 | 2 |
| 1 | 5 | 6 | 8 | 3 | 5 | 9 | 1 |
| 1 | 4 | 6 | 9 | 2 | 8 | 2 | 10 |
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 7 | 7 |
| 3 | 5 | 7 | 8 | 2 | 4 | 5 | 10 |
| 3 | 6 | 6 | 9 | 10 | 4 | 1 | 7 |
| 9 | 10 | 8 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Gambar 5 Proses Mutasi

4.3.4 Seleksi

Seleksi adalah suatu proses pemilihan kromosom terbaik dalam suatu populasi sehingga mendapat peluang yang besar untuk dapat bertahan hidup, sedangkan yang kurang baik mendapat peluang yang kecil dan akan hilang. Tujuan dari seleksi ini adalah memberikan kesempatan yang besar kepada individu yang paling fit untuk melakukan reproduksi (Kusumadewi, 2003).

Metode seleksi yang sering digunakan pada algoritma genetika adalah *roulette wheel*, *binary tournament*, dan *elitism* (Mahmudy, 2013). Metode *elitism* merupakan metode dengan memilih individu terbaik yang memiliki nilai *fitness* tertinggi dengan mengumpulkan beberapa individu dari populasi (*parent*) dan *offspring* dalam suatu wadah. Nantinya individu terbaik akan terpilih dan akan masuk pada generasi selanjutnya (Mahmudy, Marian, dan Luong, 2013).

Adapun kelemahan menggunakan metode seleksi *elitism* yaitu tidak memberikan kesempatan pada nilai *fitness* yang kecil untuk bereproduksi. Namun menurut Syarif (2014) metode *elitism* sangatlah efektif dalam berbagai permasalahan karena dengan metode tersebut dapat terhindar dari kehilangan kromosom yang terbaik.

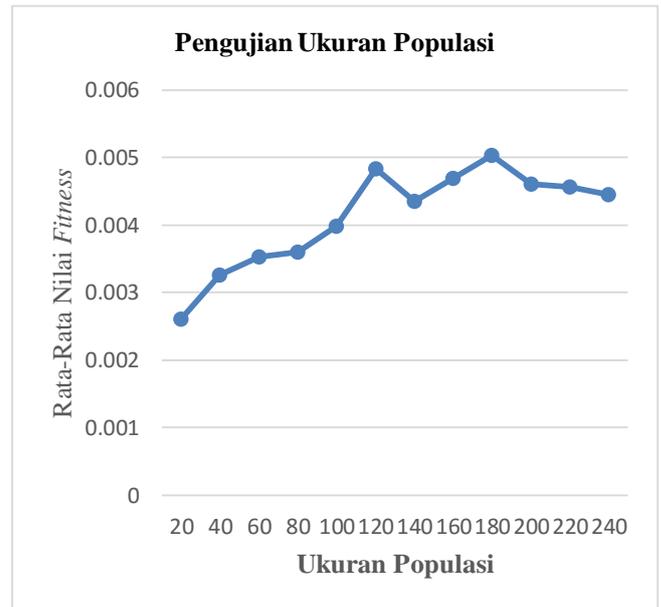
5. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Dalam pengukuran pengujian ukuran populasi yang tepat bertujuan untuk menghasilkan solusi yang optimal pada sistem penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk ditinjau dari rata-rata nilai *fitness* terbaik yang dihasilkan. Ukuran populasi yang akan diujikan yaitu 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 dan 200 sebanyak 10 kali percobaan dengan menggunakan banyaknya generasi 50, serta kombinasi *crossover rate* (*cr*)= 0,6 dan *mutation rate* (*mr*)= 0,4.

Berdasarkan hasil pengujian ukuran populasi mengenai sistem optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan algoritma genetika didapatkan bahwa semakin besar

ukuran populasi, maka nilai *fitness* yang dihasilkan



juga cenderung mengalami peningkatan.

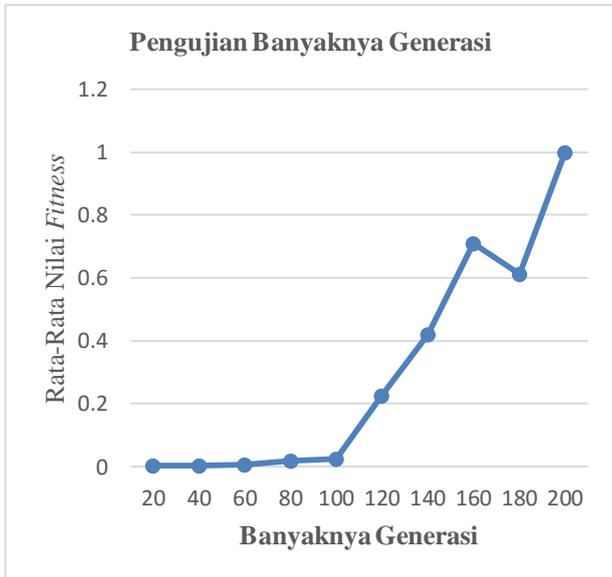
Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Terlihat bahwa hasil pengujian pada Gambar 6, ukuran populasi 20 sampai dengan 120 mengalami kenaikan rata-rata nilai *fitness*. Akan tetapi, pada ukuran populasi 140 mengalami penurunan dan mengalami kenaikan kembali pada ukuran populasi 160 sampai dengan 180, namun mengalami penurunan kembali pada ukuran populasi 200 sampai dengan 240. Pengujian dengan ukuran populasi yang terlalu besar, membutuhkan waktu komputasi yang semakin lama dan belum tentu mendapatkan nilai *fitness* yang lebih tinggi. Peningkatan ukuran populasi juga tidak menjamin adanya kenaikan nilai *fitness* yang diperoleh disebabkan area pencarian semakin besar. Semakin kecil ukuran populasi juga tidak menjamin adanya penurunan nilai *fitness* yang diperoleh karena konsep acak pada algoritma genetika. Pada pengujian ukuran populasi dengan nilai *fitness* yang paling optimal adalah pada ukuran 180 populasi.

5.2 Hasil Pengujian Banyaknya Generasi

Dalam pengukuran pengujian banyaknya generasi yang tepat bertujuan untuk menghasilkan solusi yang optimal pada penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk ditinjau dari rata-rata nilai *fitness* terbaik yang dihasilkan. Banyaknya generasi yang akan diujikan yaitu 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, dan 200 sebanyak 10 kali percobaan dengan menggunakan hasil ukuran populasi terbaik pada hasil pengukuran pengujian sebelumnya yaitu populasi, serta kombinasi *crossover rate* (*cr*)=0,6 dan *mutation rate* (*mr*)= 0,4.

Berdasarkan hasil pengujian banyaknya generasi mengenai sistem optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan algoritma genetika didapatkan bahwa semakin besar banyaknya generasi, maka nilai *fitness* yang dihasilkan juga cenderung mengalami peningkatan.



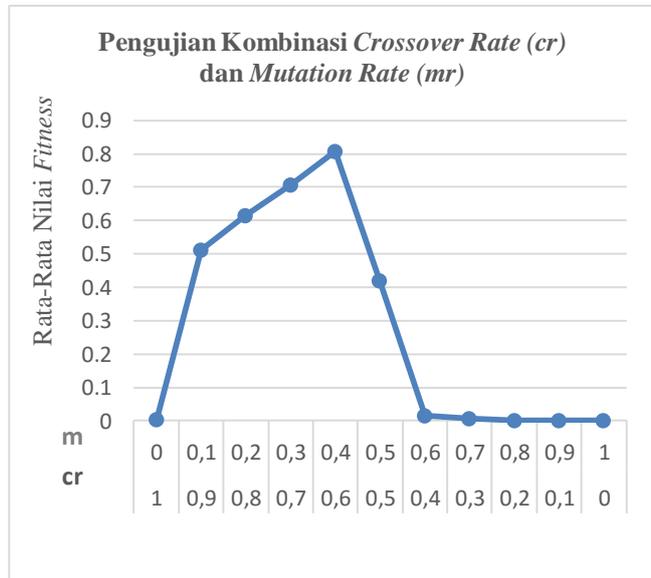
Gambar 7 Grafik Hasil Pengujian Banyaknya Generasi

Terlihat bahwa hasil pengujian pada Gambar 7, banyaknya generasi 20 sampai dengan 160 mengalami peningkatan. Namun, pada populasi 180 mengalami penurunan, dan mengalami peningkatan kembali pada banyaknya generasi 200 dengan rata-rata nilai *fitness* tertinggi. Pada pengujian banyaknya generasi dengan nilai *fitness* yang paling optimal adalah pada ukuran 200 generasi. Pengujian dihentikan karena telah memenuhi kriteria kondisi dan telah mendapatkan nilai *fitness* terbaik dengan nilai 1.

5.3 Hasil Pengujian Kombinasi Crossover Rate (cr) dan Mutation Rate (mr)

Dalam pengukuran pengujian kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* yang tepat bertujuan untuk menghasilkan solusi optimal pada penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk ditinjau dari rata-rata nilai *fitness* terbaik yang dihasilkan. Dengan menggunakan ukuran populasi yaitu sebanyak 180 dan banyaknya generasi yaitu sebanyak 200 sesuai dari hasil pengukuran pengujian sebelumnya. Kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* yang digunakan yaitu angka 0 sampai dengan 1 (Zukhri, 2014).

Berdasarkan hasil pengujian ukuran populasi mengenai sistem optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk menggunakan algoritma genetika didapatkan bahwa grafik kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* adalah sebagai berikut.



Gambar 8 Grafik Hasil Pengujian Kombinasi Crossover Rate (cr) dan Mutation Rate (mr)

Terlihat rata-rata nilai *fitness* yang didapat sangat bermacam-macam karena memang tidak ada ketetapan yang digunakan untuk parameter kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* dalam menghasilkan solusi yang optimal sesuai dengan permasalahan yang ingin diselesaikan. Penentuan kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* ini merupakan hal yang sulit (Mahmudy, Marian & Luong 2013d). Apabila nilai *crossover rate (cr)* terlalu tinggi dan nilai *mutation rate (mr)* terlalu rendah maka tidak dapat mengeksplorasi area lain dalam suatu pencarian, sedangkan apabila nilai *crossover rate (cr)* terlalu rendah dan nilai *mutation rate (mr)* terlalu tinggi maka secara efektif tidak dapat mengeksplorasi area lain dalam suatu pencarian (Mahmudy, 2013).

Pada Gambar 6.3 grafik kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* memiliki nilai rata-rata nilai *fitness* hampir sama pada 0,4 : 0,6, 0,3 : 0,7, 0,2 : 0,8, 0,1 : 0,9, dan paling rendah kombinasi *cr* dan *mr* pada 0 : 1. Pada pengujian kombinasi *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* dengan nilai *fitness* yang paling optimal adalah pada *crossover rate (cr)*= 0,6 dan *mutation rate (mr)*= 0,4.

5.4 Hasil Pengujian Parameter Terbaik

Pengujian parameter terbaik bertujuan untuk mengetahui seberapa optimal solusi yang didapatkan dalam permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Parameter

terbaik didapat dari pengujian sebelumnya yaitu dengan menggunakan ukuran populasi sebanyak 180, banyaknya generasi sebanyak 200, dan kombinasi *crossover rate* (cr)=0,6 dan *mutation rate* (mr)=0,4 yang memiliki rata-rata nilai *fitness* tertinggi. Maka didapat individu terbaik dengan nilai *fitness* yaitu sebesar 1, dengan tidak terdapat pelanggaran 1, 2, ataupun 3, *hard constrain* maupun *soft constraint*, yaitu masing-masing kapal memiliki jatah porsi adil yang telah ditentukan, tidak ada nama kapal yang sama dalam sehari, serta kapal *docking* tidak beroperasi. Individu terbaik tersebut akan menjadi sebuah solusi dalam permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk. Dari hasil individu terbaik tersebut Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dengan optimal. Berikut Gambar 9 merupakan penjadwalan kapal yang dihasilkan.

| Individu | Pinalti 1 | Pinalti 2 | Pinalti 3 | Nilai Fitness |
|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1.0 |

| Hari | Nama Kapal |
|------|---|
| 1 | LABITRA ADINDA, TRISAKTI ELFINA, GILIMANUK 2, ARJUNA, TRISAKTI ADINDA, HERLI... |
| 2 | SERIAL DOMAR, HERLIN, LIBERTY, TRISAKTI ELFINA, RAJA ENGGANO, NUSA DUA, JA... |
| 3 | RAJAWALI, RAFELIA, LIBERTY, SUMBER BERKAT, LABITRA ADINDA, SMS SWAKARYA, ... |
| 4 | LIBERTY, PANCAR INDAH, JAMBO, NUSA DUA, RAJA ENGGANO, SUMBER BERKAT, C... |
| 5 | TRISAKTI ADINDA, RAJAWALI, GILIMANUK 2, LABITRA ADINDA, PUTRI SRITANJUNG, T... |
| 6 | LABITRA ADINDA, SUMBER BERKAT, TRISILA BAKTI 1, TRIMA JAYA 9, TRISAKTI ADIND... |
| 7 | HERLIN, TRIMA JAYA 9, SMS SWAKARYA, LIBERTY, RAFELIA, PUTRI SRITANJUNG, RAJ... |
| 8 | TRISILA BAKTI 1, RAFELIA, TRISAKTI ADINDA, CEMERLANG, PANCAR INDAH, TUNU P... |
| 9 | SERIAL DOMAR, LABITRA ADINDA, RAJAWALI, ARJUNA, TUNU PRATAMA, GILIMANUK 2... |
| 10 | RAFELIA, MARINA PRATAMA, SERIAL DOMAR, TRISAKTI ADINDA, TRIMA JAYA 9, GERBA... |
| 11 | TRISAKTI ELFINA, CEMERLANG, LABITRA ADINDA, PANCAR INDAH, SERIAL DOMAR, T... |
| 12 | LIBERTY, HERLIN, NUSA DUA, MARINA PRATAMA, CEMERLANG, TRIMA JAYA 9, ARJUN... |
| 13 | ARJUNA, RAJA ENGGANO, HERLIN, TRISILA BAKTI 1, JAMBO, TUNU PRATAMA, PUTRI... |
| 14 | LIBERTY, SERIAL DOMAR, SMS SWAKARYA, JAMBO, SUMBER BERKAT, MARINA PRAT... |
| 15 | TUNU PRATAMA, TRIMA JAYA 9, SUMBER BERKAT, PRATITA, RAJA ENGGANO, RAJAW... |

Gambar 9. Penjadwalan Kapal yang Dihasilkan

6. PENUTUP

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa optimasi penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dapat diimplementasikan dengan menggunakan algoritma genetika yaitu dengan menggunakan representasi kromosom permutasi berbasis kode kapal yang diacak secara acak sesuai dengan porsi yang telah ditentukan, memiliki panjang kromosom dengan panjang interval [1.....180]. Untuk menentukan parameter yang tepat yaitu dilakukan pengujian mengenai pengujian ukuran populasi, pengujian banyaknya generasi, serta pengujian kombinasi *crossover rate* (cr) dan *mutation rate* (mr). Dari hasil pengujian tersebut didapat rata-rata nilai *fitness* tertinggi yaitu pada ukuran populasi 180, banyaknya generasi 200, serta kombinasi *crossover rate* (cr)= 0,6 dan *mutation rate* (mr)= 0,4.

Dari hasil pengujian parameter terbaik, didapat individu terbaik memiliki nilai *fitness* 1 dengan tidak terdapat nilai pelanggaran 1, 2, ataupun 3, *hard*

constraint ataupun *soft constraint* yang telah ditentukan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan kapal penyeberangan Ketapang – Gilimanuk dengan optimal.

7. DAFTAR PUSTAKA

ILMI, R. R., MAHMUDY, W. F., & RATNAWATI, D. E., 2015. Optimasi Penjadwalan Perawat Menggunakan Algoritma Genetika. S1. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 13.

KUSUMADEWI, SRI. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

MAHMUDY, WF, MARIAN, RM & LUONG, LHS 2013, Modeling and optimization of part type selection and loading problems in flexible manufacturing system using real coded genetic algorithms, *International Journal of Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering*, vol. 7, no. 4, pp. 251-260.

SYARIF, ADMI. 2014. *Algoritma Genetika Teori dan Aplikasi Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

WIDODO, AW & MAHMUDY, WF, 2010, Penerapan algoritma genetika pada sistem rekomendasi wisata kuliner, *Cursor*, vol. 5, no. 4, pp. 205-211.

WIJAYANINGRUM, VN & MAHMUDY, WF 2016, Optimization of Ship's Route Scheduling Using Genetic Algorithm, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 2, no. 1, pp. 180-186.

WISMULYANI, ENDAR. 2008. Transportasi di Indonesia dari Masa ke Masa. Klaten: Penerbit Cempaka Putih.

ZUKHRI, ZAINUDDIN. 2014. *Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: ANDI.

ZULFA, I., MAHMUDY, W. F., & SETIAWAN, B. D., 2015. Optimasi Jadwal Mengajar Asisten Laboratorium Menggunakan Algoritma Genetika. S1. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 11.