

## OPTIMASI SUMBER DAYA PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

**William Alexander Luisan, Samuel Yacob Recky Rompis, Arthur Harris Thambas,  
Grace Yoyce Malingkas**

*Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
Email: [williamluisan@gmail.com](mailto:williamluisan@gmail.com)*

### ABSTRAK

Industri konstruksi memegang peranan penting dalam perkembangan perekonomian suatu negara. Dengan banyaknya proyek konstruksi yang dilakukan memberikan dampak bagaimana perkembangan industri konstruksi di suatu negara semakin maju. Efisiensi penggunaan sumber daya dalam suatu proyek harus diawali dengan penentuan sumber daya yang tepat dari *stakeholder*, sehingga dengan efisiensi yang dicapai, dapat mendukung terlaksananya suatu manajemen proyek yang baik. Proses pengalokasian sumber daya dapat dilakukan dengan perhitungan manual atau dengan memanfaatkan aplikasi komputer. Dalam penelitian ini, pencarian solusi optimal pengalokasian sumber daya dengan memanfaatkan algoritma genetika yang diimplementasikan ke dalam aplikasi yang dibuat. Adapun pencarian solusi optimal hanya terbatas pada jumlah pekerja dan tukang (orang hari) dan total biaya. Aplikasi akan menerima Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai masukan dan memberikan keluaran total pekerja dan tukang (orang hari) serta dengan biaya yang diperlukan pada setiap kegiatan yang ada. Hasil optimasi yang didapatkan menghasilkan total 4876 pekerja/tukang (orang hari) dengan total biaya Rp576.630.000 yang memberikan hasil lebih hemat 30.19% dari total anggaran pekerja dan tukang di RAB.

**Kata kunci:** *industri konstruksi, manajemen proyek, optimasi sumber daya, algoritma genetika*

## RESOURCE OPTIMIZATION IN BUILDING CONSTRUCTION PROJECT WITH GENETIC ALGORITHM

### ABSTRACT

*The construction industry plays an important role in the economic growth of a country, with a large number of construction projects carried out having an impact on how the development of the country's economy becomes more advanced. Efficient use of resources in a project must begin with a good resource allocation decision from the stakeholders, thus resulting in better project management. The resource allocation process can be calculation calculated manually or by using a computer program. This research developed an application that implements the genetic algorithm to find the optimal solution for resource allocation of a project. The analysis on the optimal solution of the resource only based on the total number of workers and craftsmen (person days) and its total cost. The application used the Budget Estimate Plan (BEP) as the input and the output were the total number of workers and craftsmen (person days) with the costs required for each activity. The optimization result gives 4876 as the total number of workers and craftsmen (person days) with the total costs of IDR576,630,000 which is a 30.19% saving of the total budget for workers and craftsmen at BEP.*

**Keywords:** *construction industry, project management, resource optimization, genetic algorithm*

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan perekonomian suatu negara tidak lepas dari peran penting industri konstruksi (Sutjipto, 2001), dengan banyaknya proyek konstruksi yang dilakukan memberikan dampak bagaimana perkembangan industri konstruksi di suatu negara semakin maju. Efisiensi penggunaan sumber daya dalam suatu proyek harus diawali dengan penentuan sumber daya proyek yang tepat dari *stakeholder* sehingga dengan efisiensi yang dicapai mendukung terlaksananya suatu manajemen proyek yang baik.

Daftar kegiatan yang banyak dalam suatu proyek seringkali membuat *stakeholder* kurang tepat mengalokasikan jumlah sumber daya pada setiap kegiatan, ada baiknya jika *stakeholder* dapat mengalokasikan sumber daya dalam perencanaan dengan baik untuk mendapatkan efisiensi seperti total dan pembiayaan pekerja

(orang hari). Proses pengalokasian sumberdaya dapat dilakukan dengan perhitungan manual manusia atau dengan memanfaatkan aplikasi komputer, proses perhitungan manual ini dapat diotomatisasi dengan memanfaatkan algoritma genetika dan program komputer yang dibuat khusus untuk pengalokasian sumber daya yang menerapkan algoritma tersebut.

Algoritma genetika adalah suatu langkah pemecahan masalah yang dapat dipakai untuk mencari solusi optimal dari sebuah permasalahan (Carr, 2009), algoritma ini akan melakukan pencarian dengan membentuk solusi-solusi yang dimungkinkan dan di akhir akan menentukan solusi yang terbaik sebagai solusi paling optimal. Dasar dari pencarian solusi yang optimal adalah dengan membuat suatu fungsi *fitness* yang akan dicari, fungsi *fitness* ini dapat dibuat dari data Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang terdapat analisis orang hari (OH) di dalamnya. Adapun pengalokasian dan optimasi sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dicapai dengan menggunakan algoritma genetika dengan membuat fungsi *fitness* yang akan dicari (Hegazy and Kassab, 2003).

Pada penelitian ini dilakukan analisis penerapan metode kecerdasan buatan yaitu algoritma genetika untuk pengalokasian sumber daya manusia dalam proyek konstruksi dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Optimalisasi sumber daya manusia dalam penelitian ini hanya dilakukan pada jumlah pekerja dan tukang (orang hari) beserta dengan total biaya (orang hari).

## 2. MANAJEMEN PROYEK

Sebuah proyek dianggap sebagai rentetan tugas dan aktifitas (Kerzner, 2009) jika:

- Memiliki tujuan yang rinci untuk dilaksanakan hingga selesai dalam spesifikasi yang telah ditentukan
- Telah ditentukan tanggal mulai dan tanggal selesai
- Menentukan batas anggaran (jika ada)
- Memakai sumber daya manusia dan sumber daya lainnya seperti uang, peralatan dan lain sebagainya
- *Multifunctional* (dibagi dalam beberapa pembagian fungsional)

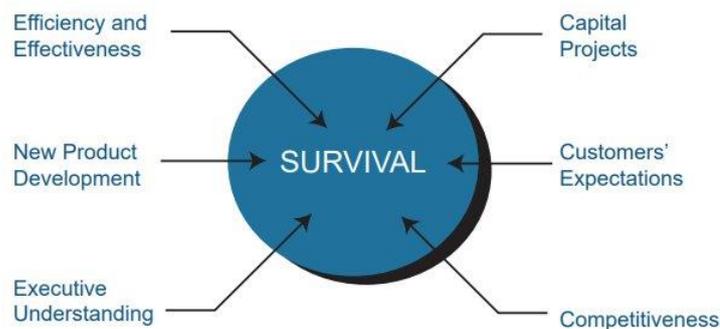
Kerzner (2009) juga menyatakan bahwa manajemen proyek terdiri dari lima grup proses seperti yang diidentifikasi di dalam *PMBOK guide* yaitu:

- *Project initiation*
- *Project planning*
- *Project execution*
- *Project monitoring and control*
- *Project closure*

Sebuah manajemen proyek yang sukses dapat diketahui dengan dicapainya tujuan dari proyek sebagai berikut:

- Selesai tepat waktu
- Selesai sesuai anggaran
- Memenuhi keinginan performa dan tingkat teknologi
- Mengalokasikan sumber daya secara efektif dan efisien
- Diterima dengan baik oleh customer

Manajemen proyek dimulai dari tahun 1985 sudah menjadi suatu keharusan bagi para *stakeholder* (Kerzner, 2009), para *stakeholder* lebih memfokuskan proyek yang dilaksanakan dapat dilakukan dengan cepat dan alokasi sumber daya yang tepat. Gambar 1 menunjukkan aspek-aspek dalam suatu perusahaan agar mampu bersaing, dimana manajemen proyek yang baik merupakan hal yang penting.



Gambar 1. Aspek ketahanan perusahaan

### 3. ALGORITMA GENETIKA

Algoritma genetika menerapkan proses evolusi yang berdasarkan pada *Darwinian Principles* dari evolusi biologi klasik untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dan menghasilkan solusi yang lebih baik berdasarkan informasi yang dikumpulkan dari kinerja sebelumnya. Perbandingan dengan beberapa pendekatan algoritma tradisional, seperti *mathematical modelling*, *branch and bound* dan *hill climb*, menunjukkan bahwa algoritma genetika dapat menghasilkan solusi yang lebih baik untuk masalah yang kompleks (Fritz and Russ, 2007). Tahap-tahap penting dalam algoritma genetika adalah:

- a. Membuat solusi acak (*random solution*) kromosom untuk membentuk populasi atau generasi pertama
- b. Membuat *fitness function*
- c. Melakukan seleksi kromosom
- d. Melakukan *crossover* kromosom
- e. Mutasi kromosom
- f. Terminasi (*termination*)

#### a. Solusi Acak Kromosom Generasi Pertama

Tahap inisiasi dari algoritma genetika adalah dengan membentuk beberapa kromosom awal dimana pada setiap kromosom terdiri dari beberapa gen. Gen yang dimaksud di dalam algoritma ini adalah variabel dari pencarian, satu kelompok penggabungan dari variabel-variabel ini membentuk sebuah kromosom. Pembentukan beberapa kromosom pada tahap yang sama disebut dengan populasi, pada tahap awal ini disebut dengan populasi generasi pertama. Solusi yang dibentuk pada kromosom-kromosom populasi generasi pertama dilakukan secara acak untuk menghasilkan solusi-solusi awal alternatif.

#### b. Fitness Function

*Fitness function* adalah persamaan yang perlu dibuat yang akan digunakan untuk mengukur seberapa baik solusi yang dihasilkan dari setiap kromosom.

#### c. Seleksi (*Selection*)

Pada kromosom yang terbentuk akan dilakukan proses seleksi. Proses ini akan menyeleksi kromosom terbaik yang akan dijadikan *parent* untuk dilakukan *crossover*. Proses penentuan kromosom yang terbaik dilihat berdasarkan hasil dari *fitness function* setiap kromosom. Jika sebuah kromosom memiliki nilai *fitness* yang baik maka dimungkinkan untuk dilakukan *crossover* atau kromosom akan dibawa atau dihitung sebagai bagian dari populasi generasi selanjutnya. Beberapa teknik seleksi yang digunakan antara lain *Tournament*, *elitist* dan *roulette wheel selection* (Fritz and Russ, 2007).

Pada teknik seleksi *tournament*, kromosom dalam populasi akan dipilih secara acak dan kromosom dengan nilai *fitness* terbaik lolos dan dihitung ke dalam generasi berikutnya, proses ini akan dilakukan secara berulang sampai terbentuknya populasi induk dari generasi berikutnya. Teknik *elitist* akan mengambil sejumlah 'n' kromosom yang memiliki nilai *fitness* terbaik yang akan langsung dihitung atau dimasukkan sebagai generasi berikutnya, sementara kromosom yang memiliki nilai *fitness* tidak baik dari yang terpilih akan dilakukan proses *crossover* sampai generasi berikutnya terbentuk. *Roulette wheel selection* melakukan pendekatan pembangunan distribusi probabilitas kumulatif berdasarkan dari nilai *fitness* setiap kandidat dan kemudian secara acak menentukan *parent* pada generasi berikutnya.

#### d. Crossover

Prinsip biologi evolusi digunakan dalam *crossover* untuk membentuk anak (*children*) dari orang tua (*old candidates*/kromosom) untuk membuat kandidat baru dari kandidat generasi sebelumnya. Langkah pertama dari proses ini adalah dengan menentukan pasangan dari populasi sebelumnya, proses penentuan ini didasarkan pada nilai *fitness* solusi. Solusi dengan nilai *fitness* yang baik memiliki kesempatan yang lebih besar untuk terpilih sebagai *parent*, pendekatan ini diambil dari *Darwinian Principle of "survival of the fit"*.

Setelah penentuan pasangan kromosom yang dijadikan sebagai *parent* selesai, selanjutnya perlu dilakukan penentuan titik potong (*cut point*) di dalam kromosom, yang dapat dilakukan dengan secara acak. Gen-gen yang letaknya di dalam kromosom dan berada setelah *cut point* akan ditukar dengan gen-gen setelah *cut point* pada kromosom *parent* pasangannya, sehingga akan menghasilkan suatu kromosom (*child*) yang baru dari pasangan *parent* tersebut. Kromosom (*child*) yang baru diharapkan menghasilkan solusi yang lebih baik karena berasal dari dua solusi *parent* yang telah melalui proses seleksi sebelumnya.

e. Mutasi (*Mutation*)

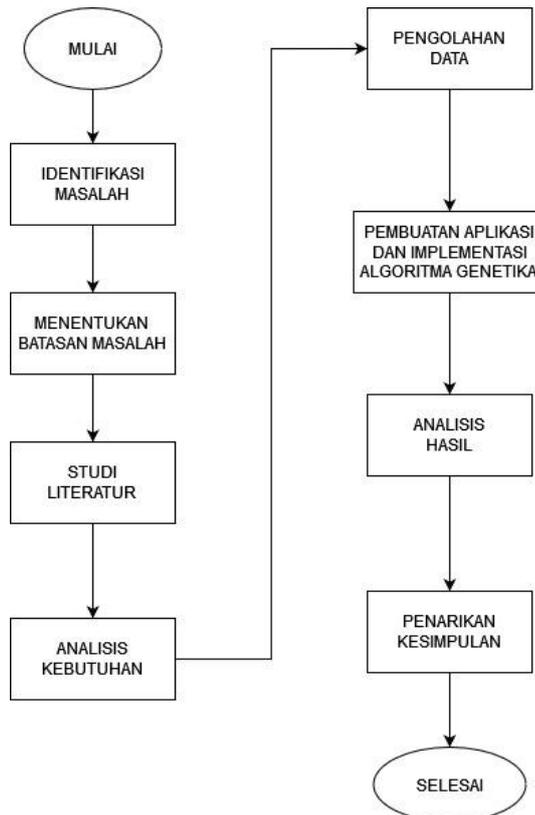
Mutasi adalah proses dimana gen di dalam suatu kromosom akan dimanipulasi. Manipulasi gen ini tidak bergantung pada informasi *parent* di generasi sebelumnya dan sepenuhnya dilakukan secara acak. Proses acak pada mutasi ini akan memanipulasi gen yang sesuai dengan strategi yang diterapkan.

f. Terminasi (*termination*)

Proses terminasi merupakan suatu mekanisme untuk menghentikan proses evolusi suatu algoritma genetika. Penghentian terjadi tergantung pada strategi yang diinginkan. Misalnya ketika proses evolusi mencapai batas iterasi yang ditentukan, ketika ditemukan solusi yang diharapkan, atau ketika tidak ditemukan solusi dalam jangka waktu tertentu yang lebih baik dari solusi yang terbentuk sebelumnya.

4. METODE

Prosedur penelitian terdiri dari beberapa bagian yang dilakukan secara berurut seperti yang ditampilkan pada diagram alir di bawah ini (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir prosedur penelitian

a. Tahap Awal Penelitian

Tahap awal penelitian adalah mengidentifikasi masalah dengan cara observasi dan memahami tren dalam perkembangan teknologi dan industri konstruksi. Setelah masalah teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah menetapkan batas permasalahan sebagai ruang lingkup penelitian agar tidak terkonsentrasi dan meluas ke arah yang tidak diinginkan. Batasan masalah yang ditentukan di antaranya adalah algoritma yang digunakan dan data yang akan dioptimasi, yaitu jumlah pekerja (orang hari) dan total biaya pekerja (orang hari).

Studi literatur dilakukan setelah penentuan batasan masalah. Pada fase ini dilakukan pencarian literatur untuk menganalisis dan mengumpulkan fakta atau melakukan penelitian terhadap suatu masalah untuk menentukan algoritma mana yang cocok diterapkan dalam penelitian dan menetapkan analisis kebutuhan.

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengetahui jenis data dan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan dalam penyusunan algoritma. Algoritma genetika dianggap yang paling cocok untuk diterapkan dalam

penelitian ini karena mampu dengan baik menyelesaikan masalah *NP-Hard* serta memberikan solusi optimum. Penerapan algoritma genetika di dalam manajemen proyek konstruksi juga masih kurang diaplikasikan secara luas.

### *b. Pengumpulan Data dan Aplikasi*

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data eksisting dari penelitian sebelumnya, yaitu sebuah proyek konstruksi bangunan yang terdapat total anggaran dan analisis OH di dalamnya. Data tersebut dibuatkan fungsi *fitness*-nya dan kemudian dilakukan pencarian berdasarkan algoritma genetika.

Data yang dibutuhkan di dalam penelitian ini adalah data RAB Pembangunan Gedung Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) Manado Tahun Anggaran 2018. Adapun data yang diolah dalam penelitian ini adalah:

- Data RAB Pekerjaan Pembangunan Gedung Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Satuan Kerja: Universitas Sam Ratulangi Manado
- Lokasi: Kampus Unsrat Manado
- T.A: 2018 – BLU Unsrat
- Jumlah total biaya proyek: Rp6.448.800.000
- Total hari pengerjaan: 180 hari (6 bulan)
- Waktu pengerjaan: September 2018-Februari 2019

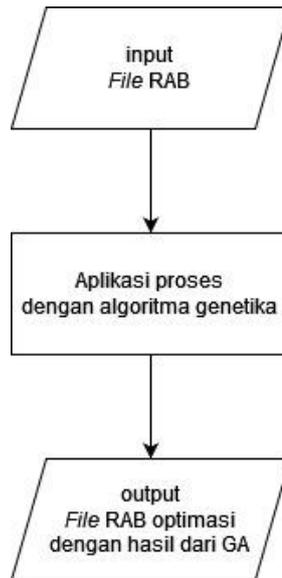
Proyek ini dimulai pelaksanaannya pada tahun 2018 (Runtuwarouw, Walangitan and Pratas, 2019). Data yang tersedia kemudian diolah dan dibentuk persamaan yang cocok untuk dianalisis dengan menggunakan algoritma genetika dan menggunakan aplikasi yang telah disiapkan.

### *c. Pembuatan dan Pengujian Aplikasi*

Setelah mengolah data penelitian, dilanjutkan dengan pembuatan kode sumber aplikasi, yang kemudian diimplementasikan dalam bentuk algoritma genetika pada aplikasi yang dibuat. Pengujian aplikasi dilakukan dengan membandingkan hasil analisis menggunakan algoritma genetika yang diterapkan dan keadaan data proyek yang ada berdasarkan data yang dikumpulkan dan diolah dalam penelitian ini, apakah dari hasil perbandingan tersebut aplikasi berhasil memberikan solusi yang lebih baik. Hasil dari pengujian aplikasi kemudian dianalisa apakah telah memberikan hasil yang baik. Tahap ini juga menjadi tahap acuan untuk mengevaluasi apakah penerapan algoritma genetika pada aplikasi sudah baik.

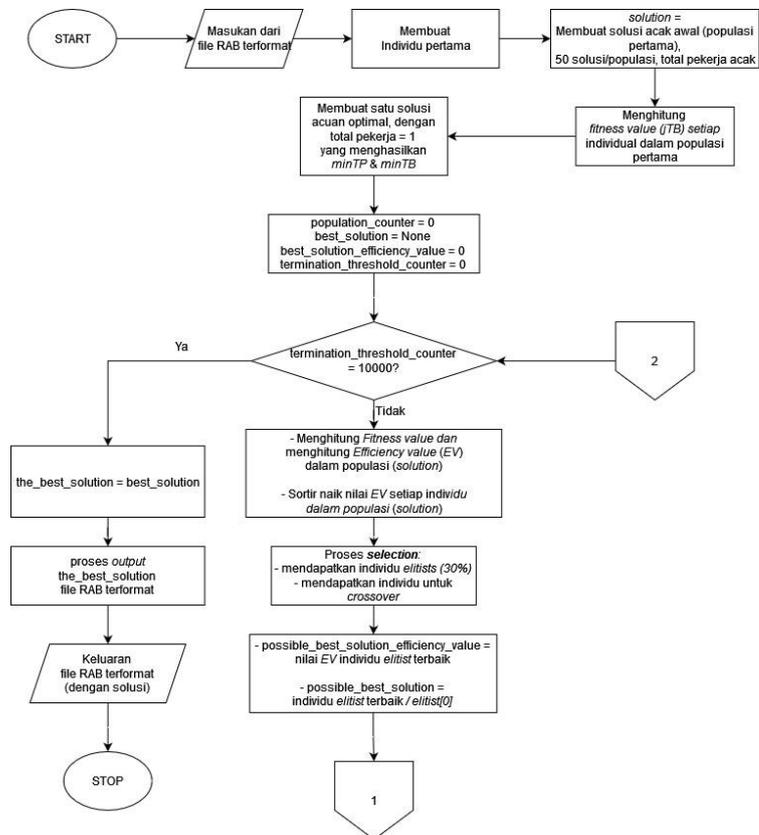
#### *i. Aplikasi Algoritma Genetika*

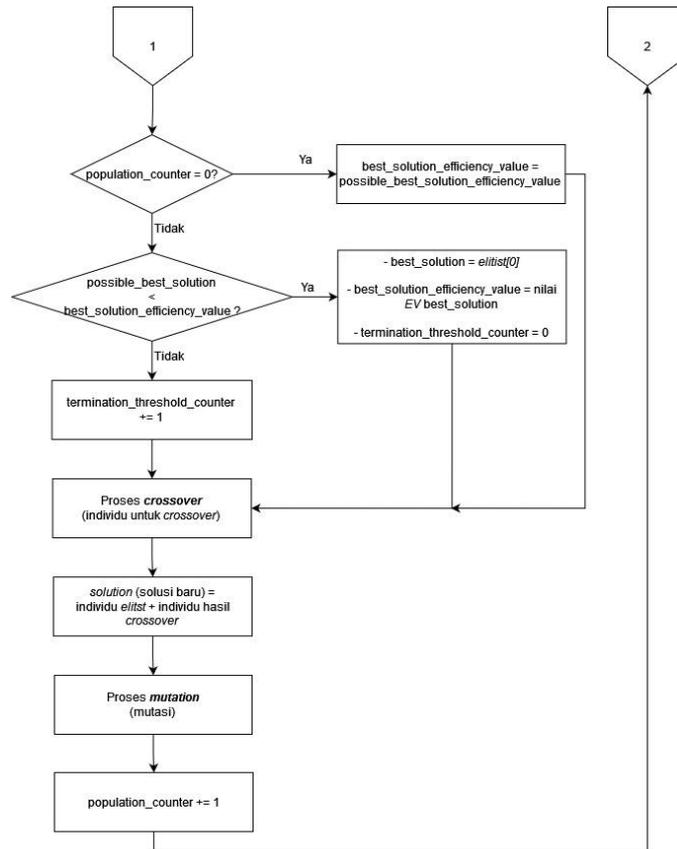
Pembuatan aplikasi dalam penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Python v3.8.10. Pengembangan tampilan aplikasi berbasis pada *Command Line Interface* (CLI). Penelitian ini lebih berfokus pada implementasi algoritma genetika, masukan dari aplikasi ialah *file* Rencana Anggaran Biaya (RAB) terformat yang dirancang khusus untuk penggunaan aplikasi dan *file* tersebut juga digunakan pada luaran aplikasi. Luaran aplikasi yang dimaksudkan berupa total pekerja/tukang (orang hari) dan total harga pekerja/tukang tersebut. Adapun file RAB terformat yang dimaksud adalah dalam bentuk *file* Microsoft Excel dengan ekstensi (.xlsx). Diagram alir masukan dan keluaran dapat dilihat pada Gambar 3, dan bagian alir program (Gambar 4).



Gambar 3. Alir masukan dan keluaran aplikasi

ii. Bagan Alir Algoritma Program





Gambar 4. Bagan alir program

iii. Uji Coba Hasil

Luaran aplikasi yang adalah hasil analisis dengan algoritma genetika kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting proyek berdasarkan data yang didapatkan. Adapun kondisi eksisting proyek yang dimaksud ialah jumlah biaya yang digunakan untuk membayar total pekerja/tukang (orang hari), semakin kecil biaya yang dibutuhkan untuk membayar pekerja/tukang maka jumlah pekerja/tukang (orang hari) mengikuti ke arah jumlah yang lebih kecil.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Maksimal Alokasi Pekerja

Dalam proses pencarian algoritma genetika pada aplikasi yang dibuat, aplikasi perlu melakukan analisis awal dimana untuk mengetahui capaian satu hari kerja (satu orang) dibandingkan dengan volume kegiatan. Hasil dari perhitungan capaian satu hari kerja (satu orang) ini akan menentukan jumlah alokasi total pekerja pada setiap kegiatan. Berikut adalah persamaan untuk menentukan maksimal alokasi total pekerja

$$MAP = V / \left( \frac{1}{kOH} \right) \tag{1}$$

dengan MAP = Maksimal alokasi pekerja  
 V = Volume pekerjaan  
 kOH = Koefisien analisis OH

b. Membentuk Kromosom Generasi Pertama

Pada kromosom generasi pertama dilakukan pembentukan sekumpulan solusi awal alokasi pekerja secara acak untuk semua kegiatan dimana satu generasi terdiri dari beberapa kromosom dan satu kromosom terdiri dari

alokasi pekerja per kegiatan atau dalam algoritma genetika alokasi pekerja pada kegiatan dalam kromosom disebut dengan gen. Penggambaran kromosom pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggambaran alokasi pekerja pada kegiatan

Kegiatan	Jumlah Pekerja
Kegiatan A	10
Kegiatan B	8
...	11
...	12
...	8
...	9
Kegiatan Z	7

Maka kromosom yang terbentuk berdasarkan dari tabel di atas adalah seperti berikut  
 [10, 8, 11, 12, 8, 9, 7]

Jumlah kromosom dalam satu generasi dapat diatur dalam konfigurasi aplikasi, adapun jumlah kromosom dalam satu generasi pertama ini diatur dengan jumlah 50 kromosom. Jika aplikasi akan membentuk 50 kromosom di setiap generasi (Tabel 2) maka penggambarannya adalah seperti berikut:

Tabel 2. Contoh Kromosom dalam sebuah generasi

Generasi ke-1	
Kromosom 1	[10, 8, 9, 8, 11, 12, 8, 9, 7]
Kromosom 2	[7, 3, 4, 12, 8, 9, 5, 12, 6]
Kromosom 3	[9, 6, 12, 6, 9, 10, 11, 6, 9]
Kromosom 4	[8, 11, 7, 14, 6, 10, 11, 4, 7]
...	...
...	...
Kromosom 50	[12, 8, 10, 7, 8, 13, 6, 13, 9]

c. Fungsi Fitness dan Efficiency Value

Fungsi *fitness* merupakan fungsi tujuan dimana dalam penelitian ini fungsi tujuan yang dimaksud adalah untuk mengetahui nilai total biaya pekerja/tukang paling efisien atau optimal, adapun formula untuk mendapatkan nilai total biaya pekerja/tukang (jTB) adalah sebagai berikut

$$jTB = \sum_{i=1}^n AP_i * HP_i \tag{2}$$

dengan: jTB = Jumlah total biaya pekerja  
 AP = Alokasi pekerja/tukang (per kegiatan)  
 HP = Harga pekerja/tukang (per kegiatan)

Selanjutnya, hasil dari fungsi *fitness* ini akan dibandingkan dengan hasil alokasi pekerja/tukang paling sedikit yaitu = 1 (satu) untuk setiap kegiatan dimana alokasi tersebut akan menghasilkan total biaya pekerja paling sedikit. minTP dan minTB sudah dicari dari awal aplikasi memulai pencarian optimal dan setiap fungsi *fitness* dari kromosom/solusi yang didapatkan per generasi akan dicari *efficiency value*-nya dengan formula sebagai berikut

$$EV = \frac{jTP}{minTP} + \frac{jTB}{minTB} \tag{3}$$

dengan: EV = Efficiency Value  
 jTP = Jumlah total pekerja  
 jTB = Jumlah total biaya pekerja  
 minTP = Total jumlah pekerja/tukang paling sedikit  
 minTB = Total biaya pekerja/tukang paling sedikit  
 Semakin kecil nilai EV yang didapatkan, maka solusi pada kromosom terkait semakin baik.

d. *Crossover Kromosom*

Kromosom dengan *efficiency value* yang baik memiliki potensi terpilih sebagai kromosom untuk *crossover*, sedangkan untuk kromosom dengan *efficiency value* terbaik akan langsung dipindahkan sebagai kromosom pada generasi berikutnya (metode seleksi *Elitism*). Jumlah kromosom dengan nilai terbaik akan diambil untuk generasi berikutnya dengan banyak yang akan diambil adalah 30% dari jumlah kromosom dalam satu populasi.

Tahap *crossover* ini akan memotong dan mengambil urutan gen bagian belakang dari sebuah kromosom dan menukarkan urutan gen tersebut dengan bagian belakang lain yang diambil dari kromosom satunya (kromosom pasangan), hasil dari penukaran urutan gen ini akan menghasilkan kromosom baru yang disebut dengan *offspring*. Perhitungan jumlah gen bagian belakang yang akan diambil adalah 50% dari total panjang total gen dalam satu kromosom. Di bawah ini adalah contoh *crossover* Kromosom 1 dan Kromosom 2 (Tabel 3).

Tabel 3. Contoh *Crossover* kromosom

Kromosom 1	[10,8,9,8,11,12,8,9,7]	} ditukar
Kromosom 2	[7,3,4,12,8,9,5,12,6]	
<i>Offspring</i> 1	[10,8,9,8,11,9,5,12,6]	
<i>Offspring</i> 2	[7,3,4,12,8,12,8,9,7]	

e. *Mutasi Kromosom*

Gen yang dipilih dalam kromosom untuk dilakukan mutasi adalah 30% dari total gen dalam kromosom dan dipilih secara acak (Tabel 4). Berikut adalah contoh mutasi kromosom.

Tabel 4. Contoh mutasi

<i>Offspring</i> 1	[10,8,9,8,11,9,5,12,6]
<i>Offspring</i> 2	[7,3,4,12,8,12,8,9,7]
Mutasi <i>Offspring</i> 1	[10,8,3,8,11,9,8,12,10]
Mutasi <i>Offspring</i> 2	[7,4,4,8,8,14,8,9,7]

f. *Kondisi Selesai*

Proses algoritma genetika dalam penelitian ini akan dinyatakan selesai jika algoritma telah mendapatkan *efficiency value* paling optimal dalam proses perputaran/iterasi. Berikut adalah tahap untuk mendapatkan *efficiency value* paling optimal:

- Proses perputaran/iterasi akan dilakukan secara terus menerus sampai mencapai nilai ambang batas,
- Nilai ambang batas akan direset ke 0 disetiap kali menemukan *efficiency value* yang lebih baik.
- Setiap *efficiency value* yang didapatkan akan dibandingkan dengan *efficiency value* yang didapat sebelumnya pada kromosom generasi sebelumnya dalam perputaran.
- Selanjutnya, jika perputaran tidak menemukan *efficiency value* yang baru dan telah mencapai nilai ambang batas iterasi = 10000 (*threshold*) maka *efficiency value* dari solusi tersebut dianggap paling efektif.
- Aplikasi berhenti.

g. *Hasil dari Aplikasi*

Proses eksekusi aplikasi dalam pencarian solusi optimal alokasi pekerja/tukang dalam penelitian ini memakan waktu antara 30 sampai 40 menit, dalam percobaan ini aplikasi mengeluarkan solusi dalam 2621.04 detik. Tampilan *command line interface* dapat dilihat pada Gambar 5.

```
Generation: 23250 (threshold: 9985)
Generation: 23251 (threshold: 9986)
Generation: 23252 (threshold: 9987)
Generation: 23253 (threshold: 9988)
Generation: 23254 (threshold: 9989)
Generation: 23255 (threshold: 9990)
Generation: 23256 (threshold: 9991)
Generation: 23257 (threshold: 9992)
Generation: 23258 (threshold: 9993)
Generation: 23259 (threshold: 9994)
Generation: 23260 (threshold: 9995)
Generation: 23261 (threshold: 9996)
Generation: 23262 (threshold: 9997)
Generation: 23263 (threshold: 9998)
Generation: 23264 (threshold: 9999)
Generation: 23265 (threshold: 10000)
Best solution found by reached the termination threshold in 2621.04 seconds
(python_venv) lunba@Lunba7th:~/Project/ga_civil_construction_resource_optimization$
```

Gambar 5. Tampilan *command line interface* aplikasi

Hasil yang didapatkan dari aplikasi dengan menggunakan algoritma genetika adalah sebagai berikut:

- Total Pekerja: 4876 Orang Hari
- Total Biaya Pekerja: Rp576.630.000

Total anggaran pekerja/tukang di dalam RAB adalah Rp834.625.161 dari total keseluruhan anggaran proyek senilai Rp6.448.800. Analisis optimasi anggaran RAB menggunakan algoritma genetika hanya bisa dilakukan pada kegiatan yang memiliki analisis OH.

Berdasarkan anggaran RAB pekerja/tukang di atas dapat ditarik kesimpulan jika aplikasi dengan algoritma genetika mampu memberikan alokasi pekerja/tukang yang optimal dengan hasil total biaya pekerja/tukang adalah Rp576.630.000 atau lebih hemat 30.19% dari anggaran RAB.

## 6. KESIMPULAN

Optimasi sumber daya manusia pada proyek konstruksi bangunan berhasil dilakukan dengan menggunakan algoritma genetika, adapun proyek konstruksi yang dimaksud adalah RAB Pekerjaan Pembangunan Gedung Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Manado dimana hasil dari aplikasi didapati total 4876 Orang Hari dengan Rp576.630.000 untuk total biaya alokasi pekerja dan tukang yang memberikan hasil lebih hemat 30.19% dari total anggaran pekerja dan tukang di RAB. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk dikembangkan bukan hanya total dan biaya pekerja/tukang dilengkapi dengan optimalisasi durasi pengerjaan per kegiatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Carr, J. (2009) 'Introduction to genetic algorithms', *Artificial Intelligence Methods in the Environmental Sciences*, pp. 103–125. doi: 10.1007/978-1-4020-9119-3\_5.
- Fritz, J. and Dolores H. Russ (2007) 'A Multi-Objective Genetic Algorithm to Solve Single Machine Scheduling Problems Using a Fuzzy Fitness Function'. Available at: <http://etd.ohiolink.edu/send-pdf.cgi/AllardDavid.pdf?ohiou1180968613>.
- Hegazy, T., ASCE.M and Kassab, M. (2003) 'Resource Optimization Using Combined Simulation and Genetic Algorithms', *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(6), pp. 698–705. doi: 10.1061/(asce)0733-9364(2003)129:6(698).
- Kerzner, H. (2009) *Recensione di 'Project management a systems approach to planning, scheduling and controlling'*, *Project Manager (Il)*. doi: 10.3280/pm2010-003015.
- Runtuwarouw, J. G., Walangitan, D. R. . and Pratasis, P. (2019) 'Analisis Penerapan Manajemen Waktu Pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Fpik Universitas Sam Ratulangi Kota Manado', *Jurnal Sipil Statik*, 7(12), pp. 1617–1624.
- Sutjipto, A. (2001) 'Peran industri konstruksi dalam pemulihan ekonomi', p. 72085. Available at: <http://lib.ui.ac.id>.