

# OPTIMASI PENJADWALAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA PADA PROYEK REHABILITASI PUSKESMAS MINANGA

Ilham Hidayat Sugeha

Revo L. Inkiriwang, Pingkan A.K. Pratisis

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

([@ilhamsugeha@yahoo.com](mailto:ilhamsugeha@yahoo.com))

## ABSTRAK

*Tahap perencanaan dan penjadwalan merupakan tahapan yang paling menentukan keberhasilan suatu proyek. Hal ini dikarenakan penjadwalan adalah tahap ketergantungan antar aktivitas yang membangun proyek secara keseluruhan. Pemecahan masalah penjadwalan yang baik dari suatu proyek merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam pelaksanaan proyek untuk selesai tepat pada waktunya. Tugas akhir ini menerapkan algoritma genetika untuk memecahkan masalah optimasi dalam penjadwalan proyek. Algoritma genetika merepresentasikan kandidat solusi penjadwalan kedalam kromosom-kromosom secara acak, lalu dievaluasi menggunakan fungsi fitness dan seterusnya dilakukan seleksi. Metode seleksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode seleksi roda roulette, kemudian dilakukan pindah silang dan mutasi. Pada setiap generasi, kromosom dievaluasi berdasarkan nilai fungsi fitness. Setelah beberapa generasi maka algoritma genetika akan menghasilkan kromosom terbaik, yang merupakan solusi optimal. Hasil dari sistem penjadwalan proyek menggunakan algoritma genetika adalah jadwal kegiatan-kegiatan dalam sebuah proyek yang dapat menjadi alternatif keputusan bagi kontraktor dalam pelaksanaan proyek. Dan berdasarkan hasil pengujian performansi yang dilakukan sebanyak 10 kali dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika membutuhkan waktu yang lama jika nilai iterasinya besar, karena dalam algoritma ini terdapat proses penggenerasian.*

**Kata kunci:** *Algoritma Genetika, Fungsi Fitness, Optimasi, Penjadwalan Proyek, Pindah Silang, Mutasi.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pembangunan merupakan salah satu usaha pemerintah dalam meningkatkan taraf hidup masyarakat. Tujuannya adalah untuk memberikan kemudahan kepada masyarakat dalam melaksanakan aktifitasnya. Contoh dari pembangunan tersebut adalah pembangunan jalan, jembatan, jaringan telekomunikasi, dan lain-lain. Pembangunan seperti ini biasanya disebut sebagai proyek.

Pada manajemen proyek, sebelum proyek dilaksanakan perlu adanya tahapan pengelolaan yang meliputi perencanaan, penjadwalan, dan pengkoordinasian. Dari ketiga tahapan ini, tahap perencanaan dan penjadwalan merupakan tahapan yang paling menentukan keberhasilan suatu proyek. Hal ini dikarenakan penjadwalan

adalah tahap ketergantungan antar aktivitas yang membangun proyek secara keseluruhan. Penjadwalan proyek dengan jumlah aktifitas atau kegiatan yang banyak merupakan tugas yang rumit dan kompleks. Pemecahan masalah penjadwalan yang baik merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam pelaksanaan proyek untuk selesai tepat pada waktunya yang merupakan tujuan pokok dan utama, baik bagi kontraktor maupun pemiliknya (Arifudin, 2011).

Selama ini, pembuatan jadwal proyek menggunakan Microsoft Office Excel yang mana penginputan dan analisa pengalokasian waktu setiap kegiatan dihitung secara manual, sehingga jadwal yang dihasilkan tidak optimal dan proses pembuatan jadwal berlangsung lama karena membutuhkan ketelitian. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu sistem

terkomputerisasi dengan metode yang tepat untuk membantu *project manager* dalam membuat penjadwalan proyek dan menunjukkan kepada organisasi bagaimana proyek akan dilaksanakan.

Metode-metode yang sudah pernah digunakan untuk penjadwalan seperti *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), dan *Critical Path Method* (CPM), dan baru-baru ini banyak peneliti menggunakan pendekatan metode metaheuristik seperti algoritma genetika dan *ant colony optimization*. Penelitian ini akan menggunakan algoritma genetika untuk melakukan penjadwalan terhadap kegiatan dalam suatu proyek. Algoritma Genetika adalah algoritma pencarian (*search algorithm*) yang menggunakan prinsip seleksi alam dalam ilmu genetika untuk mengembangkan solusi terhadap permasalahan. Konsep dasar algoritma genetika adalah mengelola suatu populasi individu yang merepresentasikan kandidat solusi sebuah penjadwalan (Arifudin, 2011). Solusi-solusi tersebut dievaluasi menggunakan fungsi *fitness*, dan seterusnya dilakukan seleksi, pindah silang (*crossover*), dan mutasi. Pada penelitian ini metode seleksi yang digunakan yaitu seleksi roda roulette (*Roulette-wheel Selection*) dan pindah silang dilakukan dengan penilangan satu titik (*One-point Crossover*).

Algoritma genetika ini diusulkan dengan salah satu tujuan untuk mempermudah proses pengalokasian waktu untuk setiap kegiatan dalam sebuah proyek sesuai aturan atau keadaan tertentu, karena setiap masalah yang berbentuk adaptasi dapat diformulasikan dalam terminologi genetik dan bagi proyek dengan kombinasi permasalahan yang cukup kompleks, konsep matematis murni tidak mampu lagi mengakomodasi pencarian solusi permasalahan, sehingga harus menggunakan metode yang cocok untuk mendapatkan solusi penjadwalan yang optimal.

Berbagai penelitian terhadap masalah penjadwalan menggunakan algoritma genetika telah banyak dipelajari dan dikembangkan oleh beberapa penelitian diantaranya: Naso *et al* (2006) membuat penelitian tentang *Genetic Algorithms for supply-chain scheduling (A case study in the distribution of ready-mixed concrete)* menghasilkan solusi yang

memuaskan sesuai yang diharapkan, Afandi (2009) menerapkan algoritma genetika untuk masalah penjadwalan *job shop* pada lingkungan industri pakaian, Yendrika (2009) membuat aplikasi penjadwalan perkuliahan menggunakan algoritma genetika yang menghasilkan jadwal yang optimal yaitu memenuhi semua constraint, dan Riza (2011) menggunakan kombinasi CPM dan algoritma genetika untuk optimasi penjadwalan proyek dengan penyeimbangan biaya, dimana algoritma genetika dapat digunakan untuk melakukan optimasi terhadap pembuatan jadwal proyek

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu bagaimana membangun suatu sistem penjadwalan proyek menggunakan algoritma genetika.

### **Batasan Masalah**

Batasan dalam Penelitian ini :

- a. Proyek-proyek yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada proyek *engineering-konstruksi*.
- b. Sistem penjadwalan proyek ini dibangun untuk penjadwalan proyek di PT. CIPTA MANDIRI KONSULTAN

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penulisan Penelitian ini adalah menghasilkan output berupa jadwal yang optimal yaitu memenuhi batasan atau persyaratan (*constraints*) dalam penjadwalan proyek, meliputi beberapa kegiatan tidak bisa dimulai sebelum kegiatan yang lain selesai, mengoptimalkan efisiensi pemakaian waktu pelaksanaan setiap kegiatan, dan tidak boleh melebihi durasi proyek yang telah ditetapkan.

## **LANDASAN TEORI**

### **Konsep Dasar Sistem**

Sistem merupakan kumpulan elemen-elemen yang saling terkait dan bekerjasama untuk memproses masukan (*input*) yang ditujukan kepada sistem tersebut dan mengolah masukan tersebut sampai menghasilkan

keluaran (*output*) yang diinginkan.

### Definisi Sistem

Sistem adalah kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu (Jogiyanto, 2005). Secara sederhana sistem dapat diartikan sebagai suatu kumpulan atau himpunan dari unsur, komponen, atau variabel-variabel yang terorganisasi, saling berinteraksi, saling tergantung satu sama lain dan terpadu.

Dalam mendefinisikan sistem, terdapat dua kelompok pendekatan sistem yang berbeda, yaitu (Jogiyanto, 1990):

- a. Pendekatan sistem pada prosedural.  
Mendefinisikan sistem sebagai suatu jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, berkumpul bersama-sama untuk melakukan suatu kegiatan atau untuk menyelesaikan suatu sasaran tertentu.
- b. Pendekatan sistem yang menekankan pada elemen atau komponen.  
Mendefinisikan sistem sebagai suatu kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

### Karakteristik Sistem

Adapun karakteristik dari suatu sistem adalah sebagai berikut (Jogiyanto, 1990):

- a. Bagian (*Component*)  
Suatu sistem terdiri dari sejumlah komponen yang saling berinteraksi yang artinya bekerja sama membentuk satu kesatuan komponen-komponen sistem atau elemen-elemen system dapat berupa suatu sub sistem atau bagian dari sistem.
- b. Batas Sistem (*Boundary*)  
Merupakan daerah yang membatasi antara suatu sistem dengan sistem yang lainnya atau dengan lingkungan luar.
- c. Lingkungan Luar Sistem (*Environment*)  
Lingkungan luar dari suatu sistem adalah apapun diluar batas dari sistem yang mempengaruhi operasi system
- d. Penghubung Sistem (*Interface*)  
Penghubung (*interface*) merupakan media penghubung antara satu sub sistem dengan subsistem yang lainnya. Melalui penghubung ini memungkinkan sumber

daya yang mengalir dari suatu subsistem akan menjadi masukan untuk subsistem yang lainnya melalui penghubung ini, dengan begitu suatu sistem dapat berintegrasi dengan subsistem yang lainnya dengan membentuk suatu kesatuan.

- e. Masukan Sistem (*Input*)  
Masukan adalah energi yang dimasukkan ke dalam sistem. Masukan dapat berupa maintenance input dan signal input. Maintenance input adalah energi yang dimasukkan supaya sistem tersebut dapat beroperasi. Signal input adalah energi yang diproses untuk diperoleh keluarannya.
- f. Keluaran Sistem (*Output*)  
Hasil dari energi yang diolah dan diklasifikasikan menjadi keluaran yang berguna dan sisa pembuangan keluaran dapat merupakan masukan untuk sistem yang lain atau supra sistem.
- g. Pengolah Sistem (*Process*)  
Suatu sistem dapat mempunyai suatu bagian pengolah yang akan merubah masukan menjadi keluaran. Suatu sistem pengolahan akan mengolah berupa bahan baku dalam hal ini adalah data serta bahan-bahan lainnya untuk menghasilkan keluaran berupa laporan dan informasi yang berguna.
- h. Sasaran Sistem (*Objective*) atau tujuan (*Goal*)  
Suatu sistem pasti mempunyai tujuan (*goal*) atau sasaran (*objective*). Jika suatu sistem tidak mempunyai sasaran maka operasi tidak akan ada gunanya. Sasaran dari sistem sangat menentukan sekali masukan yang dibutuhkan dan keluaran sistem yang akan dihasilkan oleh sistem itu sendiri.

### Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma pencarian/heuristik yang didasarkan atas mekanisme seleksi alam dan evolusi biologis. Algoritma genetika pertama kali diperkenalkan oleh John Holland dalam bukunya yang berjudul “*Adaption in natural and artificial systems*”, dan oleh De Jong dalam bukunya “*Adaption of the behavior of a class of genetic adaptive systems*”, yang keduanya diterbitkan pada tahun 1975, yang merupakan dasar dari algoritma genetika (Davis, 1991 dikutip dari Putra, 2009).

Algoritma genetika berbeda dengan teknik pencarian konvensional, dimana pada algoritma genetika kondisi diawali dengan setting awal solusi acak yang disebut populasi. Tiap individu dalam populasi disebut kromosom, yang merepresentasikan suatu solusi atas permasalahan. Kromosom berevolusi melalui iterasi berkelanjutan, yang disebut generasi. Selama tiap generasi, kromosom dievaluasi menggunakan beberapa ukuran *fitness*. Untuk menghasilkan generasi berikutnya, kromosom baru yang disebut *offspring*, dibentuk baik melalui penyatuan dua kromosom dari generasi awal menggunakan operator perkawinan silang (*crossover*) atau memodifikasi kromosom menggunakan operator mutasi (*mutation*). Suatu generasi baru dibentuk melalui proses seleksi beberapa induk (*parents*) dan anak (*offspring*), sesuai dengan nilai *fitness*, dan melalui eliminasi kromosom lainnya agar ukuran populasi tetap konstan. Kromosom yang sesuai memiliki kemungkinan tertinggi untuk dipilih. Setelah beberapa generasi, algoritma menghasilkan kromosom-kromosom terbaik yang diharapkan mewakili solusi optimal atau sub optimal atas permasalahan. (Susetyo, 2004 dikutip dari Yendrika Putra, 2009).

Menurut Suyanto (2005) algoritma genetika telah banyak diaplikasikan untuk penyelesaian masalah dan pemodelan dalam bidang teknologi, bisnis, dan *entertainment*, seperti: optimasi, pemrograman otomatis, *machine learning*, model ekonomi, model sistem imunisasi, model ekologis, dan interaksi antara evolusi dan belajar.

Ada 3 keuntungan utama dalam mengaplikasikan algoritma genetika pada masalah-masalah optimasi (Sam'ani, 2012) :

- a. Algoritma genetika tidak memerlukan kebutuhan matematis banyak mengenai masalah optimasi.
- b. Kemudahan dan kenyamanan pada operator-operator evolusi membuat algoritma genetika sangat efektif dalam melakukan pencarian global.
- c. Algoritma genetika menyediakan banyak fleksibilitas untuk digabungkan dengan metode heuristik yang tergantung domain, untuk membuat implementasi yang efisien pada masalah-masalah khusus.

## Komponen–Komponen Algoritma Genetika

Ada beberapa komponen dalam algoritma genetika, yaitu:

### 1. Pengkodean

Teknik pengkodean adalah bagaimana mengkodekan gen dari kromosom, gen merupakan bagian dari kromosom. Satu gen akan mewakili satu variabel. Agar dapat diproses melalui algoritma genetika, maka alternatif solusi tersebut harus dikodekan terlebih dahulu kedalam bentuk kromosom. Masing-masing kromosom berisi sejumlah gen yang mengodekan informasi yang disimpan didalam individu atau kromosom.

### 2. Fungsi Evaluasi (Fungsi *Fitness*)

Fungsi evaluasi dalam algoritma genetika merupakan sebuah fungsi yang memberikan penilaian kepada kromosom (*fitness value*) untuk dijadikan suatu acuan dalam mencapai nilai optimal pada algoritma genetika. Nilai *fitness* ini kemudian menjadi nilai bobot suatu kromosom. Ada dua hal yang harus dilakukan dalam melakukan evaluasi kromosom, yaitu: evaluasi fungsi objektif (fungsi tujuan) dan konversi fungsi objektif ke dalam fungsi *fitness*. Secara umum fungsi *fitness* ditentukan dari fungsi objektif dengan nilai yang tidak negatif, jika ternyata nilai dari fungsi objektif bernilai negatif maka perlu ditambahkan suatu konstanta  $x$  agar nilai *fitness* yang terbentuk tidak bernilai negatif (Putra, 2009).

### 3. Seleksi

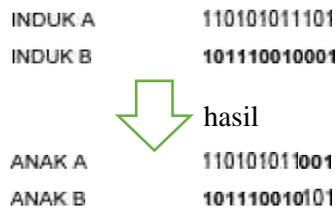
Seleksi merupakan proses pemilihan orang tua untuk reproduksi (biasanya didasarkan pada nilai *fitness*). Seleksi bertujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang paling besar bagi anggota populasi yang paling baik.

### 4. Pindah Silang (*Crossover*)

Pindah silang atau *crossover* adalah sebuah proses yang membentuk kromosom baru dari dua kromosom induk dengan menggabungkan bagian informasi dari masing-masing kromosom. *Crossover* menghasilkan kromosom baru yang disebut kromosom anak (*offspring*). *Crossover* bertujuan untuk menambah keanekaragaman string dalam satu populasi dengan penyilangan antar string yang diperoleh dari

reproduksi sebelumnya (Arifudin, 2011).

*Crossover* merupakan operator genetik utama, yang beroperasi pada dua kromosom dalam suatu waktu dan menghasilkan *offspring* dengan mengkombinasikan kedua fitur-fitur kromosom (Fadlisyah dkk, 2009). Sebuah kromosom yang mengarah pada solusi yang bagus bisa diperoleh dari proses memindah-silangkan dua buah kromosom. Contoh *crossover* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Proses Pindah Silang (Putra, 2009)

Titik potong ditentukan secara acak, kemudian dilakukan pertukaran bit-bit kromosom disebelah kanan titik kromosom sehingga terbentuk keturunan yaitu anak A dan B. Kromosom anak sebagian besar masih mewarisi kromosom induk tetapi sebagian lagi sudah terjadi pertukaran materi genetik antar kromosom.

Pindah silang bisa juga berakibat buruk jika ukuran populasinya sangat kecil. Dalam suatu populasi yang sangat kecil, suatu kromosom dengan gen-gen yang mengarah ke solusi akan sangat cepat menyebar ke kromosom-kromosom lainnya. Untuk mengatasi masalah ini digunakan suatu aturan bahwa pindah silang hanya bisa dilakukan dengan suatu probabilitas tertentu (probabilitas *crossover*). Artinya pindah silang bisa dilakukan hanya jika suatu bilangan random [0,1] yang dibangkitkan kurang dari probabilitas *crossover* ( $P_c$ ) yang ditentukan. Pada umumnya  $P_c$  diset mendekati 1, misalnya 0.8 (Suyanto,2005). Probabilitas *crossover* ( $P_c$ ) bertujuan untuk mengendalikan operator *crossover*. Jika n adalah banyaknya string pada populasi, maka sebanyak ( $P_c$ ) x n string akan mengalami *crossover*. Semakin besar nilai ( $P_c$ ), semakin cepat pula string baru muncul

dalam populasi. Dan juga jika ( $P_c$ ) terlalu besar, string yang merupakan kandidat solusi terbaik mungkin dapat hilang lebih cepat pada generasi berikutnya.

### 5. Mutasi

Mutasi merupakan proses mengubah secara acak nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom (Haupt, 2004 dikutip dari Riza Arifudin, 2011). Mutasi adalah operator algoritma genetika yang bertujuan untuk membentuk individu-individu yang baik atau memiliki kualitas diatas rata-rata. Selain itu mutasi dipergunakan untuk mengembalikan kerusakan materi genetik akibat proses *crossover*.

### 6. Elitism

Karena seleksi dilakukan secara acak (*random*), maka tidak ada jaminan bahwa suatu individu bernilai *fitness* tertinggi akan selalu terpilih. Kalaupun individu yang memiliki nilai *fitness* tertinggi terpilih, mungkin saja individu tersebut akan rusak (nilai *fitness* menurun) karena proses *crossover*. Untuk menjaga agar individu yang bernilai *fitness* tertinggi tidak hilang selama evolusi, maka perlu dibuat satu atau beberapa buah duplikatnya. Proses ini dikenal sebagai *elitism*.

### Penjadwalan Proyek

Penjadwalan merupakan proses atau cara membagi waktu berdasarkan rencana pengaturan urutan kerja, biasanya berupa tabel kegiatan atau rencana kegiatan dengan pembagian waktu pelaksanaan yang terperinci. Penjadwalan diperlukan sebagai tolak ukur dalam melakukan kegiatan/ aktifitas tertentu.

Penjadwalan proyek adalah pembuatan rencana pelaksanaan setiap kegiatan di dalam suatu proyek dengan mengoptimal-kan efisiensi pemakaian waktu dan sumber daya yang tersedia, tetapi kesesuaian presedensi diantara kegiatan tetap dipenuhi (Arifudin,2011).

### Proyek

Menurut *Project Management Institute* (PMI), dalam buku yang berjudul “*A Guide to the Project Management Body of Knowledge*” (PMBOK Guide) mendefinisikan proyek sebagai berikut: “ Usaha temporer yang

dilakukan untuk menciptakan proyek atau jasa (*service*) yang unik” (Schwalbe, 2004 dikutip dari Maya Erika, 2008). Yang membedakan proyek dengan pekerjaan lain adalah sifatnya yang khusus dan tidak bersifat rutin pengadaannya, sehingga pengelolaannya pun memerlukan perhatian ekstra lebih banyak.

### Macam-macam Proyek

Dilihat dari komponen kegiatan utamanya macam proyek dapat dikelompokkan sebagai berikut (Imam, 1999 dikutip dari Maya Erika, 2008):

- a. *Proyek Engineering-Konstruksi*, komponen utama jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain *engineering*, pengadaan dan konstruksi. Contoh proyek macam ini adalah pembangunan jalan, jembatan, gedung, fasilitas industri, dan lain-lain. Dalam Penelitian ini aplikasi yang dibangun menangani pengelolaan proyek tahap penjadwalan untuk proyek kelompok *engineering-konstruksi*.
- b. *Proyek Engineering-Manufaktur*, merupakan proyek yang dilaksanakan untuk menghasilkan produk baru. Kegiatan utamanya meliputi desain *engineering*, pengembangan produk, pengadaan, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasi produk yang dihasilkan. Contohnya adalah pembuatan ketel uap, generator listrik, mesin pabrik, dan lain-lain.
- c. *Proyek Penelitian dan Pengembangan*, proyek ini bertujuan untuk melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan suatu produk tertentu.
- d. *Proyek Pelayanan Manajemen*, contohnya merancang sistem informasi manajemen meliputi perangkat lunak atau perangkat keras, merancang program efisiensi dan penghematan. Proyek jenis ini tidak menghasilkan produk dalam bentuk fisik, tetapi laporan akhir.
- e. *Proyek Kapital*, berbagai badan usaha atau pemerintah memiliki kriteria tertentu untuk proyek kapital. Proyek kapital umumnya meliputi pembebasan tanah, pembelian material dan lain-lain.

- f. *Proyek Radio-Telekomunikasi*, tujuannya untuk membangun jaringan telekomunikasi yang dapat menjangkau area yang luas dengan biaya yang relatif tidak terlalu mahal.
- g. *Proyek Konservasi Bio-Diversity*, proyek ini berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan.

### Algoritma Genetika dalam Penjadwalan

Beberapa unsur penjadwalan yang mendukung pencarian genetik adalah (Susetyo, 2004 dikutip dari Yendrika Putra, 2009):

- a. Penjadwalan dapat direpresentasikan sebagai kromosom.
- b. Fungsi *fitness* dapat didefinisikan agar algoritma dapat mengetahui seberapa baik solusi tersebut. Hal penting yang perlu diketahui bahwa fungsi *fitness* penjadwalan dapat membedakan jadwal yang paling optimal dengan yang buruk.
- c. Solusi berdasarkan algoritma genetika dapat mengakomodasi *constraint* dalam permasalahan penjadwalan
- d. Ruang pencarian permasalahan penjadwalan biasanya sangat luas dan multi-modal. Pencarian genetik

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan rangkaian tahapan penelitian yang tersusun secara sistematis. Tujuan dari metodologi penelitian adalah agar pelaksanaan penelitian mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun rangkaian tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Metodologi Penelitian.

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan metode yang difungsikan untuk memperoleh informasi-informasi atau data-data terhadap kasus yang menjadi permasalahan dalam laporan tugas akhir ini. Hal yang dibutuhkan oleh penulis adalah informasi-informasi mengenai penjadwalan proyek dan metode yang digunakan dalam penelitian kasus ini, yaitu algoritma genetika. Ada tiga pendekatan yang penulis lakukan untuk memperoleh informasi-informasi atau pengumpulan data ini diantaranya adalah:

#### a. Wawancara (*Interview*)

Wawancara yaitu suatu model data dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan atau tanya jawab secara langsung kepada *project manager* dan karyawan CV. Kambang Putra. Wawancara pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan-permasalahan atau kendala-kendala dalam penjadwalan proyek.

#### b. Studi Pustaka (*Library Research*)

Studi pustaka merupakan metode yang dilakukan untuk menemukan dan mengumpulkan data atau informasi kasus dari referensi-referensi terkait. Referensi-referensi ini dapat berupa buku-buku tentang metode penjadwalan, jurnal-jurnal atau tulisan penelitian penjadwalan menggunakan algoritma genetika, atau artikel-artikel yang membahas kasus yang sama dengan kasus dalam laporan

ini.

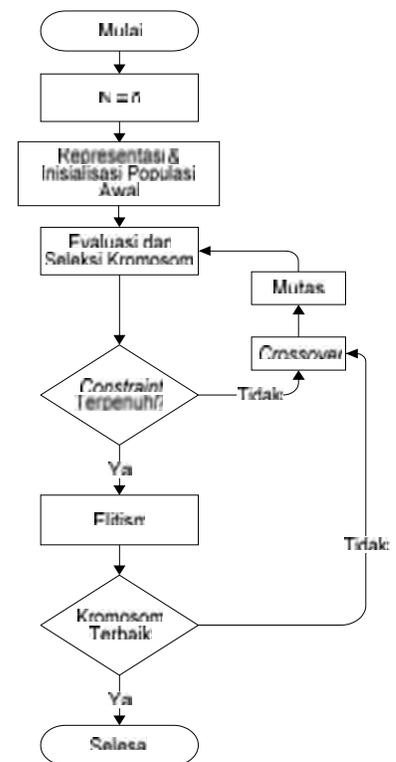
#### c. Observasi

Metode observasi atau pengamatan merupakan salah satu metode pengumpulan data / fakta yang cukup efektif. Observasi merupakan pengamatan langsung yaitu suatu kegiatan yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang diperlukan dengan cara melakukan pengamatan dan pencatatan dengan peninjauan langsung.

### Analisa Sistem

Tahap ini merupakan tahap analisa terhadap data-data yang telah berhasil dikumpulkan, terdiri dari analisa data masukan, analisa model dari algoritma genetika, dan analisa data keluaran.

1. Analisa data masukan (*input*), bertujuan untuk mengidentifikasi masukan (*input*) yang dibutuhkan oleh sistem.
2. Analisa model dari algoritma genetika untuk penjadwalan proyek. Gambar 2. dibawah ini merupakan *flowchart* penjadwalan proyek menggunakan algoritma genetika.



Gambar 2. *Flowchart* Penjadwalan Proyek menggunakan Algoritma Genetika.

**Perancangan Sistem**

Perancangan berarti metode yang khusus digunakan untuk merancang hal-hal yang telah dianalisa dengan tujuan untuk memberikan kemudahan dan menyederhanakan suatu proses atau jalannya aliran data, perancangan terhadap model sistem, dan merancang bangun sistem ini. Perancangan ini meliputi:

- a. Perancangan model sistem, merupakan gambaran atau rencana alur proses dari sistem yang akan dibangun. Perancangan ini terdiri dari perancangan *flowchart system*, *context diagram*, *data flow diagram* (DFD).
- b. Perancangan *database*, merupakan tahapan untuk memetakan model konseptual ke model basis data yang akan dipakai. Perancangan ini terdiri dari *entity relationship diagram* (ERD) dan kamus data.
- c. Perancangan struktur menu, digunakan untuk memberikan gambaran terhadap menu-menu atau fitur pada sistem yang akan dibangun.
- d. Perancangan antar muka (*interface*) untuk mempermudah komunikasi antara pengguna (*user*) dengan sistem. Dalam perancangan *interface* ini ada hal yang harus diperhatikan yaitu bagaimana menciptakan tampilan yang baik dan mudah dimengerti oleh pengguna

**Pengujian**

Selanjutnya dilakukan pengujian (*testing*) terhadap perangkat lunak yang telah dibangun agar dapat diketahui hasilnya. Jika terdapat *error*, maka pengujian akan diulangi untuk dilakukan pengecekan ulang. Metode pengujian yang digunakan yaitu:

- a. Pengujian *blackbox* untuk pengujian tingkah laku sistem yang telah dirancang.
- b. Pengujian performansi untuk mengetahui apakah sistem penjadwalan proyek menggunakan algoritma genetika berhasil menghasilkan jadwal yang memenuhi semua *constraint*.
- c. *User Acceptance Test*, merupakan pengujian yang dilakukan dengan meminta persetujuan dari *user* terhadap *output* yang

dihasilkan oleh sistem penjadwalan proyek menggunakan algoritma genetika

**Kesimpulan dan Saran**

Tahapan kesimpulan dan saran merupakan akhir dari penelitian tugas akhir ini. Tahapan ini berisi tentang kesimpulan dari hasil-hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir ini, yaitu membangun sistem penjadwalan proyek menggunakan algoritma genetika serta berisi saran-saran membangun yang dapat dijadikan bahan penelitian ulang untuk meneliti dan merancang sistem penjadwalan yang lebih baik.

**PEMBAHASAN**

Adapun sebagai contoh penyelesaian persoalan, maka digunakan data proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga dengan rincian pekerjaan atau kegiatan dapat dilihat pada tabel di bawah ini berikut penjelasan susunan kegiatannya:

Tabel 1. Rincian Kegiatan

| No                           | Nama Kegiatan   | Kegiatan pendahulu (predecessor) | Durasi (minggu) |
|------------------------------|---|----------------------------------|-----------------|
| <b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b> |   |                                  |                 |
| 1.1                          | Pembersihan Lokasi                                    |                                  | 1               |
| 1.2                          | Pengukuran & Pasang BM/ Bouwplank                     | 1.1                              | 1               |
| 1.3                          | Pembuatan Direksi Keet + Gudang/Barak Keja            | 1.1                              | 1               |
| 1.4                          | Papan Nama Proyek                                     | 1.1                              | 1               |
| 1.5                          | Pembongkaran Beton Bertulang Bangunan Lama            | 1.1                              | 1               |
| 1.6                          | Pembongkaran Dinding Bata Bangunan Lama               | 1.1                              | 1               |
| <b>II PEKERJAAN PONDASI</b>  |   |                                  |                 |
| 1.7                          | Pondasi Sumuran A Diam.200,T=300, tbt=20 cm, PS 13 Bh | 1.1,1.3, 1.2, 1.5, 1.6           | 2               |
| 1.8                          | Pondasi Sumuran Diam.200,T=140, tbt=25 cm, PS1 1Bh    | 1.1,1.3, 1.2, 1.5, 1.6           | 1               |
| 1.9                          | Pondasi Telapak B Uk.100x100x25, 6 Bh                 | 1.1,1.3, 1.2, 1.5, 1.6           | 1               |
| 1.10                         | Pondasi Telapak C Uk.100x100x25, 5 Bh                 | 1.1,1.3, 1.2, 1.5, 1.6           | 1               |
| 1.11                         | Pondasi Menerus Tipe A                                | 1.1, 1.2, 1.7                    | 1               |
| 1.12                         | Pondasi Menerus Tipe B                                | 1.1, 1.2, 1.9                    | 1               |
| Total Waktu (Minggu)         |   |                                  | 13              |

**Langkah-langkah perhitungan :**

**1. Representasi dan Inisialisasi Populasi Awal**

Contoh representasi kromosom suatu populasi dengan ukuran populasi 8 dari kasus pada contoh diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Inisialisasi Populasi Awal

|            | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| KROMOSOM 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 2 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 3 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |
| KROMOSOM 4 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 5 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 6 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 2   | 2   | 2   |

Dari tabel diatas untuk kromosom 1 terdiri dari kumpulan gen X1, X2, X12 berisi bilangan bulat positif yang merupakan saat pelaksanaan kegiatan proyek. Pada kromosom 1 dapat dijelaskan bahwa gen X1 mempunyai nilai 1 menunjukkan bahwa kegiatan 1.1 dilaksanakan pada minggu ke 1, gen X7 mempunyai nilai 2 menunjukkan bahwa kegiatan 1.7 dilaksanakan pada minggu ke 2, dan seterusnya sampai dengan gen X12 yang mempunyai nilai 3 yang menunjukkan bahwa kegiatan 1.12 dilaksanakan pada minggu ke 3. Demikian juga dengan kromosom ke 2 sampai dengan kromosom ke 8.

**2. Evaluasi Fungsi Fitness**

Proses ini dilakukan dengan memperhatikan aturan (*constraint*) yang telah ditetapkan sebelumnya. Setiap kromosom akan diperiksa satu persatu dan dibandingkan dengan kromosom lainnya sesuai dengan *constraint*.

**3. Seleksi**

Pembentukan susunan kromosom pada suatu populasi baru dilakukan dengan menggunakan metode seleksi *roulette-wheel*. Sesuai dengan namanya, metode ini menirukan permainan *roulette-wheel* dimana masing-masing kromosom menempati potongan lingkaran pada *roulette-wheel* secara proporsional sesuai dengan nilai *fitness*nya. Kromosom yang memiliki nilai *fitness* lebih besar menempati potongan lingkaran yang lebih besar dibandingkan dengan kromosom bernilai *fitness* rendah.

Langkah pertama metode ini adalah menghitung total nilai *fitness* seluruh kromosom.

Tabel 3. Total Nilai *Fitness*

| Kromosom                   | Nilai <i>Fitness</i> |
|----------------------------|----------------------|
| 1                          | 0.5                  |
| 2                          | 0.25                 |
| 3                          | 0.25                 |
| 4                          | 0.5                  |
| 5                          | 0.25                 |
| 6                          | 0.2                  |
| Total Nilai <i>Fitness</i> | 2.78                 |

Langkah kedua adalah menghitung probabilitas setiap kromosom dengan cara membagi nilai *fitness* tiap kromosom dengan total nilai *fitness*. Sehingga didapatkan hasil seperti ini:

Tabel 4. Probabilitas tiap kromosom

| KROMOSOM     | PROBABILITAS                 |
|--------------|------------------------------|
| 1            | $0.5 / 2.78 = 0.179$         |
| 2            | $0.25 / 2.78 = 0.089$        |
| 3            | $0.25 / 2.78 = 0.089$        |
| 4            | $4 \cdot 0.5 / 2.78 = 0.179$ |
| 5            | $0.25 / 2.78 = 0.089$        |
| 6            | $0.2 / 2.78 = 0.072$         |
| <b>TOTAL</b> | <b>1</b>                     |

Langkah ketiga adalah menempatkan masing-masing kromosom pada interval nilai [0-1].

Tabel 5. kromosom Interval

| KROMOSOM     | INTERVAL NILAI  |
|--------------|-----------------|
| 1            | 0 – 0.179       |
| 2            | 0.180 – 0.268   |
| 3            | 3 0.269 – 0.357 |
| 4            | 0.358 – 0.536   |
| 5            | 0.537 – 0.625   |
| 6            | 0.698 – 0.876   |
| <b>TOTAL</b> | <b>1</b>        |

Untuk menentukan susunan populasi baru hasil seleksi maka dibangkitkan bilangan acak (*random*) antara [0-1]. Dimisalkan bilangan yang dibangkitkan adalah [0.25;0.1;0.35;0.5;0.75;0.6;0.9;0.65] maka susunan kromosom populasi baru hasil seleksi adalah:

Tabel 6. Populasi baru hasil seleksi

|            | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| KROMOSOM 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 2 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |
| KROMOSOM 3 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 4 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 5 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 6 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 2   | 2   | 2   |

**4. Pindah Silang (*Crossover*)**

Pindah silang (*CrossOver*) digunakan sebagai metode pemotongan kromosom secara acak (*random*). Metode pindah silang yang paling umum digunakan adalah pindah silang satu titik potong (*one-point*

*crossover*). Suatu titik potong dipilih secara acak (*random*), kemudian bagian pertama dari kromosom induk 1 digabungkan dengan bagian kedua dari kromosom induk 2. Bilangan acak (*random*) yang dibangkitkan untuk menentukan posisi titik potong adalah [1-N] dimana N merupakan banyaknya jumlah gen dalam satu kromosom. Untuk contoh ini ditentukan probabilitas *crossover* ( $P_c$ ) yaitu 0.6.

Dimisalkan dari contoh yang ada, nilai untuk kromosom 1, 2, 3, dan 4 kurang dari probabilitas *crossover* ( $P_c$ ) yang telah ditentukan serta bilangan acak (*random*) untuk posisi titik potong adalah pada posisi gen ke-3, maka proses pindah silangnya adalah:

Tabel 7. Kromosom induk

|            | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| KROMOSOM 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 2 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |
| KROMOSOM 3 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 4 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 3   | 3   | 3   |

Tabel 8. Kromosom hasil proses *crossover*

|            | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| KROMOSOM 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |
| KROMOSOM 2 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 3 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 4 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |

$$\begin{aligned}
 \text{Fitness Kromosom 1} &= \frac{1}{1+1} = 0.5 & \text{Fitness Kromosom 3} &= \frac{1}{1+0} = 1 \\
 \text{Fitness Kromosom 2} &= \frac{1}{1+3} = 0.25 & \text{Fitness Kromosom 4} &= \frac{1}{1+4} = 0.2
 \end{aligned}$$

Dari hasil *crossover* diatas, kromosom yang masih memiliki pelanggaran yaitu kromosom 1, 2, dan 4 akan menjalani proses selanjutnya yaitu mutasi.

Sedangkan kromosom yang tidak memiliki pelanggaran yaitu kromosom 3 akan disimpan sebagai kromosom yang baik yang nantinya akan digunakan untuk dibandingkan kromosom hasil mutasi.

### 5. Mutasi

Untuk mendapatkan posisi gen yang akan dimutasi maka perlu dihitung jumlah total gen dalam satu populasi yaitu **Total gen = Jumlah gen dalam satu kromosom x Jumlah kromosom yang ada**. Berdasarkan contoh yang ada maka total gen adalah =  $12 \times 3 = 36$ . Probabilitas mutasi umumnya diset

antara [0-1], misalnya 0,1 maka diharapkan mutasi yang terjadi adalah :  $0,1 \times 36 = 3,6 = 4$  gen yang akan mengalami mutasi. Pemilihan posisi gen yang akan dimutasi dilakukan secara acak. Diasumsikan gen yang mendapatkan bilangan dibawah probabilitas mutasi adalah gen ke 5, 6, 17, dan 25. Nilai gen yang terkena proses mutasi nilainya akan diganti secara *random*. Setelah proses berhenti, kromosom hasil mutasi akan dievaluasi.

|            | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| KROMOSOM 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |
| KROMOSOM 2 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   |
| KROMOSOM 4 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |

Tabel 9. krompsom hasil proses Motasi

$$\begin{aligned}
 \text{Fitness Kromosom 1} &= \frac{1}{1+0} = 1 & \text{Fitness Kromosom 4} &= \frac{1}{1+4} = 0.2 \\
 \text{Fitness Kromosom 2} &= \frac{1}{1+4} = 0.2
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan diatas kromosom 1 dan 3 memiliki nilai fitness terbaik karena tidak terdapat pelanggaran terhadap *constraint* yang telah ditetapkan. Karena kegiatan pertama pada kromosom 3 bisa dilaksanakan pada hari pertama, maka kromosom 1 merupakan hasil yang terbaik dan solusi yang paling optimal.

Tabel 10. Kromosom terbaik

|            | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| KROMOSOM 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |

Pada kromosom 1 dapat dijelaskan bahwa gen X1 mempunyai nilai 1 menunjukkan bahwa kegiatan 1.1 dilaksanakan pada minggu ke 1, gen X2 mempunyai nilai 1 menunjukkan bahwa kegiatan 1.2 dilaksanakan pada minggu ke 1, dan seterusnya sampai dengan gen X12 yang mempunyai nilai 3 yang menunjukkan bahwa kegiatan 1.12 dilaksanakan pada minggu ke 3.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari proses perhitungan dengan metode Algoritma Genetika dapat disimpulkan kromosom 1 dan 3 memiliki nilai fitness terbaik karena tidak terdapat pelanggaran terhadap *constraint* yang telah ditetapkan. Karena

kegiatan X10 sampai X12 pada kromosom 3 bisa dilaksanakan pada hari ke dua, maka kromosom 1 merupakan hasil yang terbaik dan solusi yang paling optimal.

Tabel 11. Kromosom Hasil Terbaik

|            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|            | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 |
| KROMOSOM 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2   |

Sumber; Hasil Analisis (Ilham, 2019)

Perhitungan penjadwalan yang telah di olah dengan menggunakan metode Algoritma Genetika menghasilkan waktu yang lebih singkat dari jadwal yang sebenarnya diselesaikan selama 3 minggu, di singkat menjadi 2 minggu masa pekerjaan.

Tabel 12. Jadwal hasil dari metode Algoritma Genetika

| No                           | Uraian Pekerjaan  | Jumlah Harga<br>(Rp) | Bobot<br>(%) | Minggu 1 |       |   |   |
|------------------------------|---|----------------------|--------------|----------|-------|---|---|
|                              |   |                      |              | 1        | 2     | 3 | 4 |
| <b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b> |   |                      |              |          |       |   |   |
| 1                            | Pembesian Lokasi  | 8.951.250,00         | 0,139        |          |       |   |   |
| 2                            | Pengukuran & Pasang BMU Bawaplink                       | 6.494.003,00         | 0,101        |          |       |   |   |
| 3                            | Pembuatan Diseksi Keet + Gedung Bank Keja               | 32.888.667,50        | 0,510        |          |       |   |   |
| 4                            | Papan Nama Proyek                                       | 600.000,00           | 0,009        |          |       |   |   |
| 5                            | Pembongkaran Beton Bertulang Bangunan Lama              | 23.921.128,00        | 0,371        |          |       |   |   |
| 6                            | Pembongkaran Dinding Bata Bangunan Lama                 | 23.067.000,00        | 0,358        |          |       |   |   |
| <b>II PEKERJAAN FONDASI</b>  |   |                      |              |          |       |   |   |
| 1                            | Pondasi Sumuran A Dimensi 200 x 200, t=20 cm, PSI 15 Bt | 210.489.089,17       | 3,265        |          | 3,265 |   |   |
| 2                            | Pondasi Sumuran Dimensi 200 x 200, t=25 cm, PSI 18 Bt   | 13.431.754,05        | 0,208        |          | 0,208 |   |   |
| 3                            | Pondasi Telapak B Uk. 100x100x25, 6 Bt                  | 7.855.676,85         | 0,122        |          | 0,122 |   |   |
| 4                            | Pondasi Telapak C Uk. 100x100x25, 5 Bt                  | 6.551.899,67         | 0,102        |          | 0,102 |   |   |
| 5                            | Pondasi Menara Tipe A                                   | 30.907.990,43        | 0,619        |          | 0,619 |   |   |
| 6                            | Pondasi Menara Tipe B                                   | 18.200.971,83        | 0,282        |          | 0,282 |   |   |

Sumber: Hasil Analisis (Ilham, 2019)

Sistem penjadwalan proyek menggunakan algoritma genetika ini telah berhasil dibangun dan diimplementasikan untuk mencari solusi jadwal yang optimal yaitu memenuhi batasan/persyaratan (*constraints*) dalam penjadwalan proyek, meliputi beberapa kegiatan tidak bisa dimulai sebelum kegiatan yang lain selesai, mengoptimalkan efisiensi pemakaian waktu pelaksanaan setiap kegiatan, dan tidak boleh melebihi durasi proyek yang telah ditetapkan.

**Saran**

Adapun saran-saran yang diajukan oleh penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu:

1. Dapat dikembangkan sistem penjadwalan proyek yang dapat menangani berbagai kendala, seperti keterbatasan sumber daya manusia dan biaya.
2. Diharapkan sistem penjadwalan proyek hendaknya dapat memberikan lebih banyak pilihan metode seleksi dan metode pindah silang (*crossover*).

**DAFTAR PUSTAKA**

Afandi, Fachrudin. 2009. Penerapan Algoritma Genetika Untuk Masalah Penjadwalan *Job Shop* pada Lingkungan Industri Pakaian. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Surabaya.

Arifudin, Riza. Optimasi Penjadwalan Proyek dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi CPM dan Algoritma Genetika, Jurnal Masyarakat Informatika, Volume 2, Nomor 4, ISSN 2086 – 4930.

Erika, Maya. 2008., Sistem Perencanaan dan Pengendalian Jadwal Proyek Menggunakan Precedence Diagram Method (PDM)”. Skripsi Sarjana, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri SUSKA, Riau.

Fadlisyah, Arnawan, Faisal, 2009. *Algoritma Genetika*. Graha Ilmu, Yogyakarta,

Jogiyanto. 1990. *Analisis & Desain Sistem Informasi: Pendekatan terstruktur teori dan praktek aplikasi bisnis*. Andi Offset, Yogyakarta.

Jogiyanto. 2005. *Analisis & Desain Sistem Informasi: Pendekatan terstruktur teori dan praktek aplikasi bisnis*. Andi Offset, Yogyakarta.

- Kusumadewi, Sri. *Articial Intelligence*. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.
- Putra, Yendrika. 2009. Aplikasi Penjadwalan Perkuliahan Menggunakan Algoritma Genetika. Skripsi Sarjana, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri SUSKA, Riau.
- Sam'ani. 2012. Rancang Bangun Sistem Penjadwalan Perkuliahan dan Ujian Akhir Semester dengan Pendekatan Algoritma Genetika. Tesis Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wiwik, Amalia Utamima, Khairil Juhdi Siregar. 2015. Optimasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Algoritma Genetika. Jurnal Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Sepuluh November, Surabaya,
- Suyanto. 2005. *Algoritma Genetika dalam Matlab*. Andi, Yogyakarta.