

**OPTIMASI ANALISIS PERCEPATAN DAN BIAYA PROYEK  
DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA**  
(Study kasus : Proyek Pembangunan Gedung Naval Cyber Command (NCC)  
Mabesal Jakarta)

Okol Sri Suharyo, Bambang Suhardjo, Tri Kairo Suwarsono

Program Studi Analisa Sistem dan Riset Operasi,  
Direktorat Pascasarjana Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut

**ABSTRAK**

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (deadline), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Keterlambatan waktu proyek yang terjadi selama pelaksanaan konstruksi dapat menjadi masalah besar dan berakibat terkena denda. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktifitas mana yang dapat dilakukan percepatan durasi proyek sehingga memperoleh biaya tambahan (extra cost) yang optimal atau seminimal mungkin.

Penelitian dilakukan dengan metode Perth-Cpm guna memperoleh lintasan kritis dan metode algoritma genetika dengan menggunakan program excel solver. Data yang didapat berupa RAB (Rencana Anggaran Biaya), time schedule (kurva-s), data maksimal percepatan dan data aktifitas pendahulu dari aktifitas selanjutnya.

Hasil penelitian diperoleh dimana mean (rata rata) aktifitas pada lintasan kritis adalah 212,63 hari dengan standart deviasi 6,14, ekspektasi biaya Rp. 1.085.297 sehingga total biaya tambahan (extra cost) yang dikeluarkan pihak pelaksana proyek sebanyak Rp 1.525.026, akan tetapi bisa mempercepat jangka waktu pelaksanaan proyek selama 5 hari dengan percepatan pada aktifitas yang ke 72 selama 5 hari sehingga dapat menghemat biaya dibandingkan terjadi keterlambatan dalam 1 hari saja di denda sebesar 27.158.297

**Kata kunci : Perth-Cpm, Algoritma genetika, excel solver, Data proyek, percepatan waktu dan biaya tambahan (extra cost)**

**A. PENDAHULUAN**

Proyek dalam analisis jaringan kerja adalah serangkaian kegiatan-kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang unik dan hanya dilakukan dalam periode tertentu (temporer) (Maharesi, 2002). Salah satu bentuk dari perencanaan suatu proyek adalah penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dengan progress waktu untuk penyelesaian proyek.

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (deadline), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Keterlambatan waktu proyek yang terjadi selama pelaksanaan konstruksi dapat menjadi masalah besar dan berakibat terkena denda. Salah satu cara untuk mengembalikan tingkat kemajuan pengerjaan proyek yang telah

tertunda adalah melakukan upaya percepatan waktu proyek. Oleh karena itu diperlukan analisis untuk menghitung durasi waktu penyelesaian proyek secara normal dan mencari lintasan kritis aktifitas proyek metode PERT (Project Evaluation and Review Technique) dan CPM (Critical Path Method).

Untuk optimasi waktu percepatan proyek dan tambahan biaya proyek dengan lembur tukang menggunakan metode Algoritma genetika, dikarenakan durasi percepatan mempunyai ketidakpastian berapa lama dan aktifitas mana yang akan dipercepat waktunya dengan biaya yang paling minimum mempunyai kecenderungan probabilistik. Biaya tambahan memperhitungkan ekspektasi denda diperlukan pencarian biaya minimum aktifitas mana yang dipakai merupakan probabilistik juga karena ketidakpastian juga, ekspektasi biaya suatu distribusi normal fungsi non linier, sehingga dari uraian diatas maka metode yang cocok dipakai adalah metaheuristik dan disini

penulis menggunakan metode Algoritma genetika yang merupakan salah satu optimasi metaheuristik.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

Kinkinzaen (2004) proyek (*Project*) adalah mendefinisikan suatu kombinasi kegiatan-kegiatan yang saling berkaitan yang harus dilakukan dalam urutan-urutan tertentu sebelum keseluruhan tugas-tugas proyek dapat diselesaikan. Kegiatan-kegiatan dalam proyek ini saling berkaitan dan berhubungan dalam suatu urutan yang logis, dalam artian bahwa beberapa kegiatan tidak dapat di mulai sampai kegiatan kegiatan yang lainnya terlebih dahulu di selesaikan. Setiawan (2014) dengan judul analisis percepatan waktu proyek dengan tambahan biaya optimum dengan durasi deterministik mencari biaya dengan kondisi normal dan dengan kondisi lembur 4 jam kerja, dan 1 jam kerja dengan Perth, kelemahan waktu masih deterministik dan tidak memperhitungkan pekerjaan paralel sebagai aktifitas pendahulu mempunyai syarat prosentase sebelum mengerjakan aktifitas selanjutnya.

Siregar (2014) membandingkan 2 metode Pert dan GA untuk mencari percepatan durasi yang dihasilkan kedua metode mempunyai hasil yang sama durasi percepatannya dan Ridho (2013) Penjadwalan proyek merupakan bagian yang paling penting dari sebuah perencanaan proyek, yaitu untuk menentukan kapan sebuah proyek dilaksanakan berdasarkan urutan tertentu dari awal sampai akhir proyek. Jadi penjadwalan proyek meliputi kegiatan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan dan waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktivitas dalam proyek. Dalam mencari waktu percepatan dan biaya yang optimum dengan Perth-Cpm, kedua peneliti durasinya deterministik dan kelemahan kedua penelitian persyaratan pekerjaan pendahulu tidak ada dan tanpa mempertimbangkan ekspektasi biaya.

## C. LANDASAN TEORI

### CPM (Critical Path Method)

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), metode jalur kritis (Critical Path Method-CPM), yakni metode untuk keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek-proyek yang besar. Dengan CPM, jumlah waktu yang diperlukan

untuk menyelesaikan berbagai taraf daripada proyek dianggap diketahui dengan pasti lebih-lebih hubungan antara jumlah sumber-sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek juga dianggap diketahui. Sehingga, CPM juga dapat didefinisikan sebagai suatu analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

### Jaringan Kerja (Network Planning)

*Network planning* pada prinsipnya merupakan hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan dalam diagram network, sehingga diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang harus menunggu selesainya pekerjaan yang lain (Soeharto, 1997).

Secara keseluruhan (Gray dan Erik, 2007). Berikut ini beberapa istilah yang digunakan untuk membangun jaringan kerja proyek:

1. Aktivitas (activity). Merupakan sebuah elemen proyek yang memerlukan waktu
2. Aktivitas gabungan. Merupakan sebuah aktivitas yang memiliki lebih dari satu aktivitas yang mendahuluinya (lebih dari satu anak panah ketergantungan)
3. Jalur. Sebuah urutan dari berbagai aktivitas yang berhubungan
4. Predecessor Aktivitas pendahulu
5. Successor. Aktivitas pengganti atau aktivitas yang mengikuti aktivitas lain
6. Jalur Kritis. Jalur terpanjang pada jaringan. Jika sebuah aktivitas pada jalur ditunda, proyek juga tertunda untuk waktu yang bersamaan

### Lintasan Kritis

Lintasan kritis adalah lintasan dimana terdapat aktivitas-aktivitas yang paling banyak memakan waktu, mulai dari permulaan hingga akhir suatu jaringan kerja (Levin dan Kirkpatrick, 1977). Menurut Ervianto (2002), untuk menentukan analisis jalur kritis dapat dilakukan dengan perhitungan ke depan (Forward Analysis) dan perhitungan ke belakang (Backward analysis). Jalur kritis dalam suatu diagram jaringan adalah lintasan yang terdiri dari

kegiatan-kegiatan kritis dan peristiwa-peristiwa kritis yang sangat sensitif terhadap keterlambatan, sehingga bila sebuah kegiatan kritis terlambat satu hari saja, sedangkan kegiatan-kegiatan lainnya tidak terlambat maka proyek akan mengalami keterlambatan satu hari juga (Ali, 1997).

Lintasan kritis (Critical Path) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal (Badri, 1997).

### PERT

PERT merupakan metode untuk menentukan jadwal dan anggaran dari sumber-sumber, sehingga suatu pekerjaan yang sudah ditentukan terlebih dahulu dapat diselesaikan tepat pada waktunya (Levin dan Kirkpatrick, 1997).

Menurut Heizer dan Render (2005), dalam PERT digunakan distribusi peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan, antara lain waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu realistis. Adapun ketiga kegiatan estimasi durasi tersebut adalah:

1. Kurun waktu optimistic (*optimistic duration time*) Kurun waktu optimistik adalah durasi yang tercepat untuk menyelesaikan suatu kegiatan jika segala sesuatunya berjalan dengan baik. Durasi yang digunakan hanya sekali dalam seratus kali kegiatan yang dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama
2. Kurun waktu paling mungkin (*most likely time*) Kurun waktu paling mungkin adalah durasi yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.
3. Kurun waktu pesimistik (*pessimistic duration time*) Kurun waktu pesimistik adalah durasi yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, bila segala sesuatunya serba tidak baik. Durasi disini dilampaui hanya sekali dalam seratus kali, bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama. Selanjutnya ketiga perkiraan waktu itu dirumuskan menjadi satu angka yang disebut (t) atau kurun waktu yang diharapkan (*expected duration time*). Dalam menentukan nilai (t) dipakai asumsi

bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik (a) dan pesimistik (b) adalah sama. Sedangkan kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin adalah empat kali lebih besar dari kedua peristiwa optimistik dan pesimistik sehingga apabila dijumlah akan bernilai 6 (enam) sesuai dengan rentang kurva distribusi peristiwa yang telah di standarkan. Rumusnya adalah ( Yamit, 2003):

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

### Deviasi Standar dan Varians Kegiatan

Menurut Ridho (2014) menjelaskan estimasi kurun waktu kegiatan pada metode PERT memakai rentang waktu. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b. Parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai deviasi standar dan varians. Berdasarkan ilmu statistik, angka deviasi standar adalah sebesar 1/6 dari rentang distribusi (b-a) atau bila ditulis dengan rumus adalah sebagai berikut (Soeharto,1995):

$$\begin{aligned} \text{Deviasi Standar Kegiatan} & S = \frac{1}{6} (b - a) \\ \text{Varians Kegiatan} & V(t) = S^2 \end{aligned}$$

Dimana : S = deviasi standar kegiatan  
V(t) = varians kegiatan\_

### ES, EF, LS dan LF

Dalam melakukan analisis jalur kritis menurut Heizer dan Render (2014:105-109), digunakan proses two-pass yang terdiri atas forward pass dan backward pass untuk menentukan jadwal waktu suatu aktivitas. ES dan EF ditentukan selama forward pass. LS dan LF ditentukan selama backward pass. ES (earliest start) adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai dengan asumsi semua pendahulunya sudah selesai. EF (earliest finish) adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai. LS (late start) adalah waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (late finish) adalah waktu terakhir suatu aktivitas dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan.

1. Forward Pass. Aturan Waktu Mulai Paling Awal. Sebelum suatu aktivitas dapat dimulai, semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

(a) Jika suatu aktivitas hanya mempunyai satu pendahulu langsung, ES nya sama dengan EF dari pendahulunya.

(b) Jika suatu aktivitas mempunyai beberapa pendahulu langsung, ES nya adalah nilai maksimum dari semua EF pendahulunya, yaitu:

$$ES = \text{Max} \{ EF \text{ semua pendahulu langsung} \}$$

Waktu selesai paling awal (EF) dari suatu aktivitas adalah jumlah dari waktu mulai paling awal (ES) dan waktu aktivitas itu sendiri, yaitu:

$$EF = ES + \text{Waktu aktivitas}$$

2. Backward Pass

Aturan Waktu Selesai Paling Lambat. Sekali lagi, aturan ini didasarkan pada kenyataan bahwa sebelum suatu aktivitas dapat dimulai, seluruh pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

1. Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung dari hanya satu aktivitas, LF-nya sama dengan LS dari aktivitas yang secara langsung mengikutinya.

2. Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung dari lebih dari satu aktivitas, maka LF adalah minimum dari seluruh nilai LS dari aktivitas. aktivitas yang secara langsung mengikutinya, yaitu:

$$LF = \text{Min} \{ LS \text{ seluruh aktifitas yang langsung mengikutinya} \}$$

Aturan Waktu Mulai Paling Lambat. Waktu mulai paling lambat (LS) dari suatu aktivitas adalah selisih dari waktu selesai paling lambat (LF) dan waktu aktivitasnya yaitu:

$$LS = LF - \text{Waktu aktivitas}$$

Setelah menghitung waktu paling awal dan waktu paling lambat dari semua aktivitas, maka menemukan jumlah waktu longgar (slack time) yang dimiliki oleh setiap aktivitas menjadi mudah. Slack adalah waktu luang yang dimiliki sebuah aktivitas untuk dapat diundur pelaksanaannya tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

$$\text{Slack} = LS - ES \text{ atau } \text{Slack} = LF - EF$$

Aktivitas dengan slack = 0 disebut sebagai aktivitas kritis (critical activities) dan berada pada jalur kritis.

## Analisis Optimasi

Dalam penelitian ini, analisis optimasi diartikan sebagai suatu proses penguraian mengoptimalkan aktifitas mana yang dipakai untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dan biaya tambahan (extra cost) yang minimal dari aktifitas kritis yang didapat. Proses memperpendek waktu kegiatan dalam jaringan kerja untuk mengurangi waktu pada jalur kritis, sehingga waktu penyelesaian total dapat dikurangi disebut sebagai crashing proyek (Heizer dan Render, 2005). Variabel keputusan adalah percepatan aktifitas mana yang akan dipercepat menghasilkan biaya tambahan (extra cost) yang seminimal mungkin.

$$Xi = \text{Percepatan aktifitas ke } i$$

Dimana  $i$  (Aktifitas proyek = 1 ... 73)

Fungsi tujuan pada tugas akhir ini dapat dituliskan sebagai berikut:

Fungsi tujuan :  $\text{Min } Z =$

$\text{Biaya percepatan} +$

$\text{Total ekspektasi denda}$

$$Z = \sum_{i=1}^{74} (Ci \cdot Xi) + \sum_{j=220}^{\infty} P(X = j) \cdot Dj$$

$$Z = \sum_{i=1}^{74} (Ci \cdot Xi) + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right) \int_{x=j-1}^{x=j} e^{-\left(\frac{1}{x\sigma^2}\right)} (x - \mu)^2 dx$$

dimana :  $Ci = \text{Biaya percepatan perhari untuk aktifitas } i$

$Dj = \text{Denda jika proyek selesai pada hari ke } j$

## Algoritma Genetika

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).

Algoritma Genetik sebenarnya terinspirasi dari prinsip genetika dan seleksi alam (teori Darwin) yang ditemukan di Universitas Michigan, Amerika Serikat oleh John Holland melalui sebuah penelitian dan dipopulerkan oleh salah satu muridnya, David Goldberg menghasilkan buku berjudul "Adaption in Natural and Artificial Systems" pada tahun 1975. Konsep dasar algoritma genetika sebenarnya dirancang untuk

mensimulasikan proses-proses dalam sistem alam yang diperlukan untuk evolusi, khususnya teori evolusi alam yang dicetuskan oleh Charles Darwin, yaitu survival of the fittest. Menurut teori ini, di alam terjadi persaingan antara individu-individu untuk memperebutkan sumber daya alam yang langka sehingga makhluk yang kuat mendominasi makhluk yang lemah.

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian yang berbasis pada mekanisme seleksi alam dan genetika. Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang sangat tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional (Desiani, 2006). Algoritma Genetika banyak dipakai pada aplikasi bisnis, teknik maupun pada bidang keilmuan lainnya. Algoritma ini dimulai dengan kumpulan solusi yang disebut dengan populasi. Solusi-solusi dari sebuah populasi diambil dan digunakan untuk membentuk populasi yang baru. Hal ini dimotivasi dengan harapan bahwa populasi yang baru dibentuk tersebut akan lebih baik daripada yang lama. Solusi-solusi yang dipilih untuk membentuk solusisolusi yang baru dipilih sesuai dengan fitness mereka masing-masing (Juniawati, 2003).

Pertahanan yang tinggi dari individu memberikan kesempatan untuk melakukan reproduksi melalui perkawinan silang dengan individu yang lain dalam populasi tersebut. Individu baru yang dihasilkan dalam hal ini dinamakan keturunan, yang membawa beberapa sifat induknya. Sedangkan individu dalam populasi yang tidak terseleksi dalam reproduksi akan mati dengan sendirinya. Dengan jalan ini, beberapa generasi dengan karakteristik yang bagus akan bermunculan dalam populasi tersebut, untuk kemudian dicampur dan ditukar dengan karakter lain. Dengan mengawinkan semakin banyak individu, maka akan semakin banyak kemungkinan terbaik yang dapat diperoleh.

Sifat algoritma genetik mencari kemungkinan-kemungkinan dari kandidat solusi untuk mendapatkan yang optimal untuk penyelesaian masalah. Ruang cakupan dari semua solusi yang layak (feasible), yaitu objek-objek diantara solusi yang sesuai, dinamakan ruang pencarian (search space). Tiap titik dalam ruang pencarian merepresentasikan satu solusi yang layak. Tapi solusi yang layak dapat ditandai dengan nilai fitness-nya bagi

masalah. Sebelum Algoritma Genetika dapat dijalankan, maka sebuah kode yang sesuai(representatif) untuk persoalan harus dirancang. Untuk ini maka titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri atas komponen genetik terkecil yaitu gen. Dengan teori evolusi dan teori genetika, di dalam penerapan Algoritma Genetika akan melibatkan beberapa operator, yaitu:

1. Operasi Evolusi yang melibatkan proses seleksi (selection) di dalamnya.
2. Operasi Genetika yang melibatkan operator pindah silang (crossover) dan mutasi (mutation).

Algoritma genetika merupakan algoritma yang berusaha menerapkan pemahaman mengenai evolusi alamiah pada tugas-tugas pemecahan-masalah (problem solving). Pendekatan yang diambil oleh algoritma ini adalah dengan menggabungkan secara acak berbagai pilihan solusi terbaik di dalam suatu kumpulan untuk mendapatkan generasi solusi terbaik berikutnya yaitu pada suatu kondisi yang memaksimalkan kecocokannya atau lazim disebut fitness. Generasi ini akan merepresentasikan perbaikan-perbaikan pada populasi awalnya. Dengan melakukan proses ini secara berulang, algoritma ini diharapkan dapat mensimulasikan proses evolusioner. Pada akhirnya, akan didapatkan solusisolusi yang paling tepat bagi permasalahan yang dihadapi.

Algoritma genetika sangat tepat digunakan untuk penyelesaian masalah optimasi yang kompleks dan sukar diselesaikan dengan menggunakan metode konvensional. Sebagaimana halnya proses evolusi di alam, suatu algoritma genetika yang sederhana umumnya terdiri dari tiga operasi yaitu: operasi reproduksi, operasi persilangan (crossover), dan operasi mutasi.

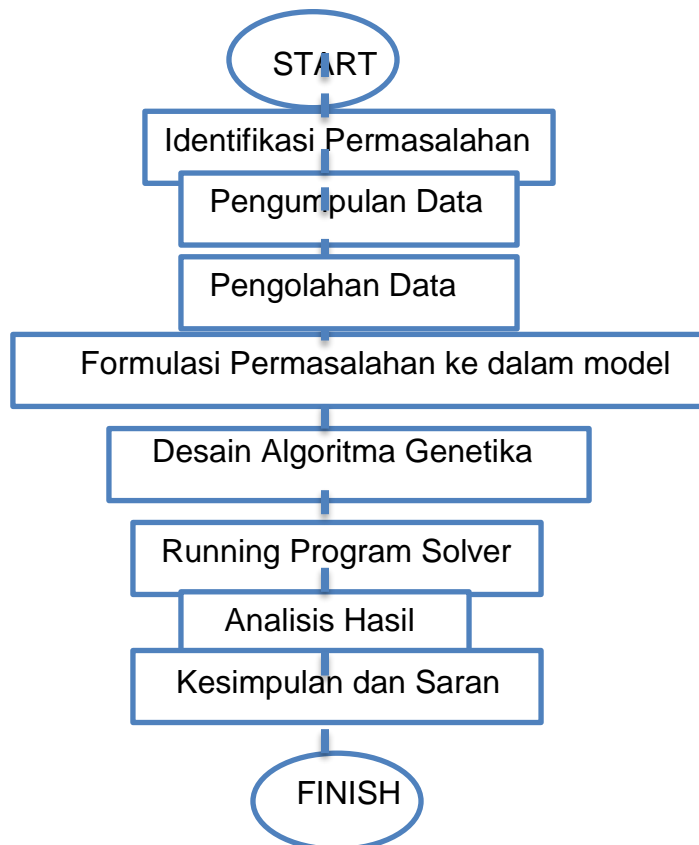
#### **D. METODE PENELITIAN**

##### **Lokasi penelitian**

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Naval Cyber Command (NCC) yang berada di mabesal jakarta.

##### **Tahap penelitian**

Mengenai metodologi yang digunakan pada pengerjaan penelitian. Metodologi ini digunakan sebagai panduan agar pengerjaan dapat berjalan secara terarah dan sistematis. Tahap-tahapan pengerjaan dibuat dengan diagram



**Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Data yang digunakan berupa data primer dan sekunder berupa analisis yang diolah menggunakan excel, adapun data tersebut adalah sebagai berikut :

1. Analisa harga satuan upah perhari.
2. Maksimal percepatan tiap aktifitas.
3. Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Gedung NCC.
4. Time Schedule (Kurva S)
5. Estimasi Waktu pengerjaan aktifitas.

6. Data biaya denda perhari.

**E. HASIL DAN ANALISIS**

**Hasil penelitian**

Nilai optimasi yang didapatkan dengan meminimalkan durasi proyek menggunakan algoritma genetika dengan program solver evolutionary adalah 5 hari. Adapun total tambahan biaya (extra cost) ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel Hasil penelitian

|                   |            |              |           |
|-------------------|------------|--------------|-----------|
| Mean              | 212.63     |              |           |
| St Dev            | 6.14       |              |           |
| Denda             | 27,158,297 |              |           |
| Ekspektasi Biaya: | 1,085,826  | TOTAL BIAYA: | 1,525,026 |

Dimana mean (rata rata) aktifitas pada lintasan kritis adalah 212,63 hari dengan standart deviasi 6,14, ekspektasi biaya Rp. 1.085.297 sehingga total biaya tambahan (extra cost) yang dikeluarkan pihak pelaksana proyek sebanyak Rp

1.525.026, akan tetapi bisa mempercepat jangka waktu pelaksanaan proyek selama 5 hari dengan percepatan pada aktifitas yang ke 72 selama 5 hari. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel Hasil optimasi Reduksi

| Aktifitas | Mean  | Reduction | Max Reduction | Biaya Reduksi |
|-----------|-------|-----------|---------------|---------------|
| 71        | 32.06 | 0.000     | 2             |               |
| 72        | 94.73 | 5.000     | 10            | 439,200       |
| 73        | 94.45 | 0.000     | 10            |               |

Dari hasil dapat diambil kesimpulan bahwa hasil optimasi akan mengambil aktifitas mana yang masuk dalam lintasan kritis yang mempunyai upah tukang yang paling murah untuk dilakukan percepatan waktu yang optimal dengan biaya tambahan (extra cost) yang palaing murah, dalam hal ini solver optimasi mengambil aktifitas ke 72 untuk dapat dilakukan percepatan dengan waktu 5 hari.

#### Analisis Pinalti

Dari hasil diatas penulis akan menganalisa apa yang akan terjadi apabila pinalti dipercepat yang sebelumnya 226 hari jangka waktu pelaksanaan proyek dan pada hari ke 227 akan terkena denda pinalti sebesar 1/1000 dari jumlah total kontrak. Disini akan mempercepat durasi pinalti dari 226 ke 210 hari menagalami percepatan 16 hari, dilihat aktifitas mana yang akan dipercepat agar memperoleh hasil yang optimal. Ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel Percepatan pinalti

|            |            |              |            |
|------------|------------|--------------|------------|
| Mean       | 202.83     |              |            |
| St Dev     | 6.14       |              |            |
| Denda      | 27,158,297 |              |            |
| Ekspektasi |            |              |            |
| Biaya:     | 11,738,257 | TOTAL BIAYA: | 27,778,399 |

| Durasi Proyek | Peluang     | Denda       | Expektasi |
|---------------|-------------|-------------|-----------|
| 210           | 0.036049471 | 0           | 0         |
| 211           | 0.02982415  | 27,158,297  | 809,973   |
| 212           | 0.024029688 | 54,316,594  | 1,305,211 |
| 213           | 0.018855543 | 81,474,891  | 1,536,253 |
| 214           | 0.014409231 | 108,633,188 | 1,565,321 |
| 215           | 0.010723916 | 135,791,485 | 1,456,216 |
| 216           | 0.007772787 | 162,949,782 | 1,266,574 |
| 217           | 0.005486697 | 190,108,079 | 1,043,065 |
| 218           | 0.003771863 | 217,266,376 | 819,499   |
| 219           | 0.002525292 | 244,424,673 | 617,244   |
| 220           | 0.001646561 | 271,582,970 | 447,178   |
| 221           | 0.001045574 | 298,741,267 | 312,356   |

| Aktifitas | Mean   | Reduction | Max Reduction | Biaya Reduksi |
|-----------|--------|-----------|---------------|---------------|
| 1         | 212.58 | 29.000    | 29            | 15,249,582    |
| 2         | 54.13  | 0.000     | 7             | -             |
| 3         | 0.87   | 0.000     | 0             | -             |
| 4         | 10.81  | 0.000     | 1             | -             |

| Aktifitas | Mean  | Reduction | Max Reduction | Biaya Reduksi |
|-----------|-------|-----------|---------------|---------------|
| 66        | 23.22 | 0.000     | 2             | -             |
| 67        | 41.74 | 0.000     | 4             | -             |
| 68        | 18.69 | 0.000     | 2             | -             |
| 69        | 26.88 | 0.000     | 3             | -             |
| 70        | 14.82 | 0.000     | 2             | -             |
| 71        | 32.06 | 0.000     | 2             | -             |
| 72        | 94.73 | 9.000     | 10            | 790,560       |
| 73        | 94.45 | 0.000     | 10            | -             |
|           |       | 0.000     | 0             | -             |
| 74        |       | 0.000     | 0             | -             |
|           |       |           |               | 16,040,142    |

Dari hasil optimasi solver GA diperoleh aktifitas 1 dipercepat selama 29 hari maksimal percepatan dan aktifitas 72 dipercepat selama 9 hari dengan total biaya Rp 16.040.142 dan keduanya merupakan aktifitas kritis. Dapat diambil kesimpulan bahwa pinalti waktu proyek dipercepat maka tetap akan mempercepat aktifitas pada lintasan kritis.

#### Analisis Optimasi

Disini penulis akan menganalisa hasil optimasi apakah berpengaruh biaya dan waktu dari hasil percepatan apabila percepatan dilakukan bukan pada lintasan kritis. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini, penulis melakukan percepatan 5 hari kerja aktifitas lain diluar lintasan kritis pada aktifitas 2,10,11, dan 41 dan apakah pengaruhnya terhadap 2 variabel waktu percepatan dan biaya tambahan (extra cost) yang akan dikeluarkan.

Tabel Percepatan diluar lintasan kritis

| Aktifitas | Mean   | Reduction | Max Reduction | Biaya Reduksi |
|-----------|--------|-----------|---------------|---------------|
| 1         | 212.58 | 0.000     | 29            | -             |
| 2         | 54.13  | 5.000     | 7             | 6,795,754     |
| 3         | 0.87   | 0.000     | 0             | -             |
| 4         | 10.81  | 0.000     | 1             | -             |
| 5         | 6.53   | 0.000     | 0             | -             |
| 6         | 13.05  | 0.000     | 0             | -             |
| 7         | 15.19  | 0.000     | 0             | -             |
| 8         | 17.02  | 0.000     | 2             | -             |
| 9         | 0.59   | 0.000     | 0             | -             |
| 10        | 11.60  | 5.000     | 1             | 8,189,105     |
| 11        | 3.68   | 5.000     | 0             | 7,636,029     |



|    |       |       |    |            |
|----|-------|-------|----|------------|
| 34 | 25.76 | 0.000 | 1  | -          |
| 35 | 1.42  | 0.000 | 0  | -          |
| 36 | 1.66  | 0.000 | 0  | -          |
| 37 | 5.68  | 0.000 | 0  | -          |
| 38 | 37.62 | 0.000 | 2  | -          |
| 39 | 47.42 | 0.000 | 2  | -          |
| 40 | 66.41 | 0.000 | 3  | -          |
| 41 | 19.77 | 5.000 | 2  | 23,662,927 |
| 66 | 23.22 | 0.000 | 2  | -          |
| 67 | 41.74 | 0.000 | 4  | -          |
| 68 | 18.69 | 0.000 | 2  | -          |
| 69 | 26.88 | 0.000 | 3  | -          |
| 70 | 14.82 | 0.000 | 2  | -          |
| 71 | 32.06 | 0.000 | 2  | -          |
| 72 | 94.73 | 5.000 | 10 | 439,200    |
| 73 | 94.45 | 0.000 | 10 | -          |
|    |       | 0.000 | 0  | -          |
| 74 |       | 0.000 | 0  | -          |
|    |       |       |    | 46,723,015 |

|                   |            |              |            |
|-------------------|------------|--------------|------------|
| Mean              | 212.63     |              |            |
| St Dev            | 6.14       |              |            |
| Denda             | 27,158,297 |              |            |
| Ekspektasi Biaya: | 1,085,826  | TOTAL BIAYA: | 47,808,840 |

Dari hasil diperoleh bahwa apabila dilakukan percepatan selama 5 hari diluar lintasan kritis pada aktifitas 2,10,11 dan 41 diperoleh biaya tambahan (extra cost) sebesar Rp 46.723.015 dengan mean 212.63, dapat diambil kesimpulan bahwa apabila dilakukan percepatan tidak akan merubah waktu (mean) dari hasil optimasi akan tetapi hanya menambah total biaya tambahan yang lebih besar lagi jadi model yang dilakukan dengan running solver GA

sudah memenuhi optimasi yang dipersyaratkan.

#### Analisis Max reduction

Di dalam hal ini penulis ingin menganalisa apa yang akan terjadi apabila maksimal percepatan dibuat selama 10 hari dengan durasi pinalti selama 226 hari dan 210 hari, apa yang akan terjadi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel Max Reduction 10 hari

| Aktifitas | Mean   | Reduction | Max Reduction | Biaya Reduksi |
|-----------|--------|-----------|---------------|---------------|
| 1         | 212.58 | 10.000    | 10            | 5,258,477     |
| 2         | 54.13  | 0.000     | 10            | -             |
| 3         | 0.87   | 0.000     | 10            | -             |
| 4         | 10.81  | 0.000     | 10            | -             |
| 5         | 6.53   | 0.000     | 10            | -             |
| 6         | 13.05  | 0.000     | 10            | -             |
| 37        | 5.68   | 0.000     | 10            | -             |
| 38        | 37.62  | 0.000     | 10            | -             |

|    |       |        |    |           |
|----|-------|--------|----|-----------|
| 39 | 47.42 | 3.000  | 10 | 3,728,589 |
| 40 | 66.41 | 0.000  | 10 | -         |
| 41 | 19.77 | 0.000  | 10 | -         |
| 68 | 18.69 | 0.000  | 10 | -         |
| 69 | 26.88 | 0.000  | 10 | -         |
| 70 | 14.82 | 0.000  | 10 | -         |
| 71 | 32.06 | 0.000  | 10 | -         |
| 72 | 94.73 | 10.000 | 10 | 878,400   |
| 73 | 94.45 | 0.000  | 10 | -         |
|    |       |        |    | 9,865,466 |

Mean 205.03  
St Dev 6.14  
Denda 27,158,297  
Ekspektasi Biaya: 22,696,271 TOTAL BIAYA: 32,561,736

| Durasi Proyek | Peluang     | Denda       | Expektasi |
|---------------|-------------|-------------|-----------|
| 210           | 0.049840803 | 0           | 0         |
| 211           | 0.043704912 | 27,158,297  | 1,186,951 |
| 212           | 0.037323844 | 54,316,594  | 2,027,304 |
| 213           | 0.031042263 | 81,474,891  | 2,529,165 |
| 214           | 0.02514382  | 108,633,188 | 2,731,453 |
| 215           | 0.019834443 | 135,791,485 | 2,693,348 |
| 216           | 0.015237706 | 162,949,782 | 2,482,981 |

Dari hasil optimasi solver diperoleh pinalty dengan 210 hari dengan maksimal reduction 10 hari terdapat 3 aktifitas yang akan melakukan percepatan yaitu aktifitas 1 selama 10 hari dengan biaya tambahan (extra cost) sebesar Rp 5.258.477, aktifitas 39 selama 3 hari dengan biaya tambahan (extra cost) sebesar Rp 3.728.589 dan aktifitas yang ke 72 selama 10 hari dengan biaya tambahan (extra cost) sebesar Rp 878.400. Kesemuanya masuk dalam aktifitas lintasan kritis, dapat diambil kesimpulan bahwa walaupun maksimal percepatan di rubah maka akan tetap dilakukan optimasi pada lintasan kritis dengan total biaya lebih besar dibandingkan maksimal reduction sesuai data dilapangan proyek yang dapat diperkenankan.

## F. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan proses-proses yang telah dilakukan dalam pengerjaan maka ada beberapa kesimpulan yang diambil, diantaranya adalah :

1. Algoritma genetika dapat digunakan untuk melakukan optimasi terhadap percepatan proyek dengan

menggabungkan PERTH-CPM sehingga diperoleh percepatan yang optimal dengan mempertimbangkan biaya tambahan (extra cost) yang seminimal mungkin.

2. Metode Algoritma Genetika mampu menghasilkan durasi percepatan optimal dari aktifitas ke 72 selama 5 hari sebesar Rp. 439.200. dengan mempertimbangkan ekspektasi.

3. Rata rata (mean) selama 212,63 hari dengan standart deviasi 6,14 dengan ekspektasi biaya sebesar 1.085.826 sehingga total biaya yang dikeluarkan sebesar 1.525.026.

4. Hasil optimal dari algoritma genetika disimpulkan valid karena apabila dilakukan penambahan percepatan aktifitas diluar kritis tidak berpengaruh kepada mean dari lintasan kritis atau durasi setelah dikurangi dengan percepatan aktifitas.

### Saran

Saran sebagai tambahan perkembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Dalam perhitungan aktifitas dengan prosentase aktifitas pendahulu diharapkan lebih teliti disebabkan untuk perhitungan maju dan mundur berbeda.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan

metode Algoritma Genetika yang sama akan tetapi menggunakan tools matlab.

3. Dapat juga pengembangan penelitian dengan melihat dari batasan pertimbangan tenaga kerja dan bahan bangunan.