

OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK MENGGUNAKAN CPM DENGAN ALGORITMA GENETIKA PADA STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN LABORATORIUM EKONOMI UBHARA SURABAYA

Ahmad Yulianto

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

email: sipil@untag-sby.ac.id

Abstraks

Jaringan kerja merupakan suatu metode yang dianggap mampu memberikan teknik dasar dalam menentukan urutan dan durasi kegiatan unsur proyek sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Algoritma Genetika adalah salah satu teknik untuk menyelesaikan masalah matematis yang kompleks sehingga dapat memberikan solusi secara evolusioner. Dengan mengkombinasikan kedua metode tersebut diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih baik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui durasi optimal suatu proyek dan biaya yang timbul akibat optimalisasi. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diolah menjadi data alternatif durasi setiap kegiatan beserta biaya yang timbul untuk tiap-tiap durasi. Pembuatan jaringan kerja awal sebanyak 16 jaringan kerja. Setiap jaringan kerja memiliki 100 kegiatan dan setiap kegiatan memiliki informasi durasi dan predecessor kegiatan tersebut. Enam belas jaringan kerja tersebut dievaluasi durasi dan biayanya, dan apabila durasi optimal belum tercapai maka proses dilanjutkan sampai optimasi tercapai. Evaluasi durasi proyek menggunakan metode CPM. Hasil dari perhitungan diperoleh bahwa durasi yang paling optimal adalah 133 hari dengan biaya sebesar Rp 760.100.093,82. Hal ini menunjukkan ada percepatan durasi sebanyak tujuh hari (5 %) dan penurunan biaya sebesar Rp 51.777.906,17 (6,38 %).

Kata kunci : Optimasi penjadwalan proyek, CPM, Algoritma Genetika

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proyek adalah kegiatan sementara yang mempunyai tujuan untuk menghasilkan produk dengan kriteria yang telah ditentukan secara jelas dengan alokasi sumber daya yang terbatas dan berlangsung dalam jangka waktu tertentu, dimana biaya yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Jumlah kegiatan dalam suatu proyek yang banyak dan hubungan antar kegiatan dalam suatu proyek yang kompleks menyebabkan dibutuhkan suatu perencanaan penjadwalan pelaksanaan proyek, agar dalam pelaksanaan proyek tidak mengalami kesulitan dalam memenuhi ketentuan yang telah disepakati dalam hal besarnya biaya proyek, durasi proyek, dan kualitas hasil akhir. Penjadwalan untuk proyek yang kompleks tidaklah mudah, diperlukan keahlian khusus dan membutuhkan waktu serta tenaga. Penjadwalan yang dibuat

secara optimal menyebabkan biaya dan durasi optimal dapat diperoleh.

Jaringan kerja merupakan suatu metode yang dianggap mampu memberikan teknik dasar dalam menentukan urutan dan durasi kegiatan unsur proyek sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Menurut Kuswadi metode Algoritma Genetika adalah Salah satu teknik untuk menyelesaikan masalah matematis yang kompleks sehingga dapat memberikan solusi secara evolusioner. Dengan menggunakan metode jaringan kerja yang dikombinasikan dengan algoritma genetika diharapkan optimasi waktu dan biaya proyek dapat diperoleh. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui durasi proyek yang optimal dan biaya yang timbul akibat adanya optimalisasi tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa durasi proyek yang paling optimal ?.

2. Berapa biaya proyek yang diakibatkan oleh optimasi penjadwalan tersebut ?.

1.3. Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

1. Menentukan durasi proyek yang paling optimal.
2. Menentukan biaya proyek yang diakibatkan oleh optimasi penjadwalan tersebut.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Proyek

Gray & Larson berpendapat bahwa proyek adalah usaha yang kompleks, tidak rutin, selalu dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang didesain untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Mansyur, 2012:6).

2.2. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan suatu proyek dilakukan agar dapat menggambarkan rencana kegiatan proyek dalam waktu agar sasaran yang ditetapkan dapat dicapai secara efektif dan efisien berdasarkan sumber yang ada yaitu : waktu, biaya, material, peralatan dan sumber daya manusia (Putera, 2010). Alat bantu untuk melakukan pejadwalan adalah Metode Bagan Balok dan Analisis Jaringan kerja (Soeharto, 1997:178).

2.3. Jaringan Kerja

Jaringan kerja merupakan suatu metode yang dianggap mampu memberikan teknik dasar dalam menentukan urutan dan durasi kegiatan unsur proyek sehingga dapat digunakan memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (Soeharto, 1997 : 197). Analisis Jaringan kerja yang populer adalah CPM (Critical Path Method), PERT (Project Evaluation and Review Technique), dan PDM (Preceden Diagram Method) (Soeharto, 1997:181).

2.4. CPM (Critical Path Method)

Dalam menentukan durasi proyek secara keseluruhan dilakukan dengan cara Hitungan maju dan hitungan Mundur (Soeharto, 1997 : 197).

2.4.1. Hitungan Maju

$$EF = ES + D \quad (1)$$

diketahui:

EF = waktu selesai paling awal suatu event

ES = waktu mulai paling awal suatu event

D = durasi

2.4.2. Hitungan Mundur

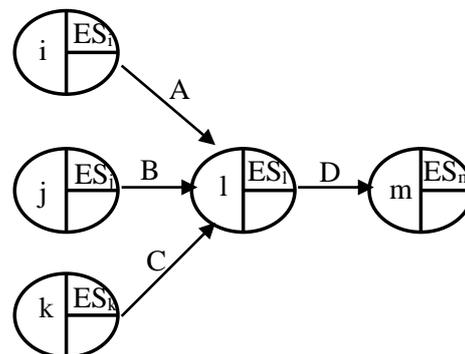
$$LS = LF - D \quad (2)$$

diketahui:

LS = waktu paling akhir suatu event boleh selesai

LF = waktu paling akhir suatu event boleh selesai

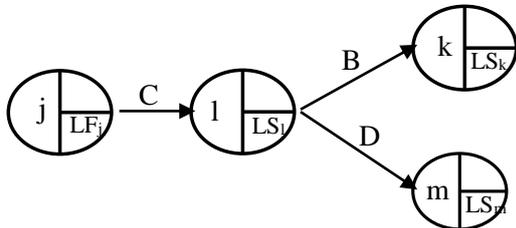
Pada hitungan maju jika suatu event memiliki predecessor lebih dari 1 (satu) maka nilai ES event tersebut adalah nilai terbesar dari EF predecessor (Soeharto, 1997:198). Pada Gambar 1. terlihat bahwa predecessor aktivitas D adalah aktivitas A, B, dan C, sehingga Nilai ES_D adalah nilai EF terbesar diantara nilai EF_A , EF_B , dan EF_C .



Gambar 1. Kegiatan D Yang Mempunyai Predecessor Lebih Dari Satu

Pada hitungan Mundur jika suatu event memiliki successor lebih dari 1 (satu) maka nilai LF event tersebut adalah nilai

terkecil dari LS successor (Soeharto, 1997:200). Pada Gambar 2 menunjukkan event C yang mempunyai successor lebih dari satu.



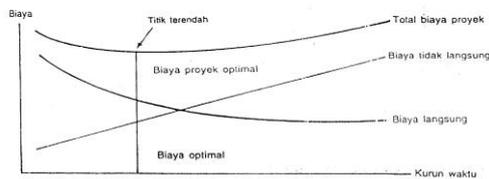
Gambar 2. Event C Yang Mempunyai Successor Lebih Dari Satu

2.4.3. Jalur Kritis

Suatu event dikatakan sebagai bagian dari jalur kritis apabila $LS = ES$ dan $LF = EF$ (Soeharto, 1997:201). Berdasarkan ketentuan diatas maka untuk menentukan jalur kritis suatu jaringan kerja diperlukan hitungan maju dan hitungan mundur.

2.4.4. Pengaruh Biaya Proyek Akibat Adanya Crashing (kompresi)

Biaya proyek merupakan jumlah dari biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Pada umumnya jika durasi proyek dipersingkat menyebabkan biaya langsung proyek tersebut menjadi lebih mahal dibandingkan dengan durasi penyelesaian proyek secara normal. Sebaliknya biaya tidak langsung menjadi lebih rendah dibandingkan jika dilakukan percepatan durasi proyek (lihat Gambar 3).

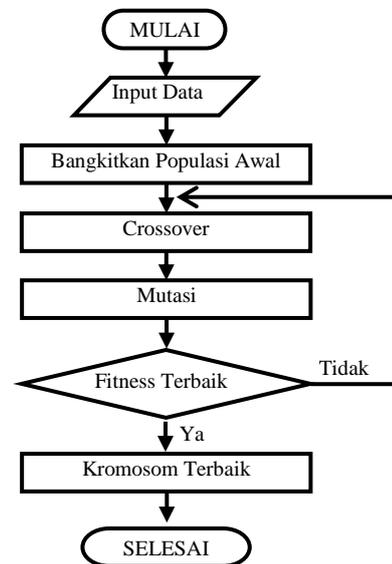


Gambar 3. Hubungan Biaya Total dan optimal

2.5. Algoritma Genetika (AG)

Algoritma Genetika adalah salah satu teknik optimasi yang dikembangkan dan dipublikasikan oleh John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1975 untuk memecahkan masalah optimasi yang

kompleks. AG menyimulasikan proses yang terjadi pada populasi alamiah, dimana individu (solusi) yang memiliki kinerja yang baik dapat mempertahankan eksistensinya dan mendapatkan pasangan (jodoh) untuk melahirkan keturunan (solusi) baru yang lebih baik. Sedangkan individu (solusi) yang memiliki kinerja yang buruk tidak dapat menghasilkan keturunan dan tidak dapat mempertahankan eksistensinya atau musnah (Kuswadi, 2007 : 168). Secara garis besar proses AG dibagi dalam tiga tahap yaitu Populasi awal, Crossover (kawin silang), dan Mutasi seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 4 (Yunantara, Astawa, dan Sanjaya 2012).



Gambar 4. Proses AG

2.5.1. Input Data

Pada proses ini dilakukan inventarisasi data. Pada optimasi penjadwalan proyek maka input data dapat berupa item-item pekerjaan beserta hubungan ketergantungan antara item pekerjaan, waktu dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan item pekerjaan tersebut.

2.5.2. Populasi Awal

Populasi adalah sekumpulan solusi acak (Ramayanti, 2010). Sedang menurut Arifudin yang dimaksud populasi adalah himpunan solusi yang dihasilkan secara

acak (Arifudin, 2011). Populasi awal adalah kumpulan awal dari beberapa kromosom yang diharapkan nanti akan menghasilkan kromosom baru yang merupakan solusi terbaik. Pada kasus penjadwalan proyek kromosom dapat berupa jaringan kerja proyek (Putera, 2010 dan Arifudin, 2011). Kromosom adalah individu yang terdapat dalam suatu populasi (Ramayanti, 2010). Kromosom dibentuk oleh sejumlah gen, dimana dalam penjadwalan proyek gen dapat berupa item pekerjaan (Arifudin, 2011) atau urutan item pekerjaan (Putera, 2010). Sedangkan nilai gen dapat berupa item pekerjaan (Putera, 2010) atau waktu suatu kegiatan dimulai (Arifudin, 2011). Dalam metode Algoritma Genetika setiap kromosom memiliki fitness (Kuswadi, 2007). Fitness (tingkat optimasi) merupakan nilai proses evolusi dengan menggunakan alat ukur (Ramayanti, 2010). Semakin besar nilai fitness suatu kromosom semakin besar pula peluang untuk bertahan dan melakukan regenerasi (Ramayanti, 2010).

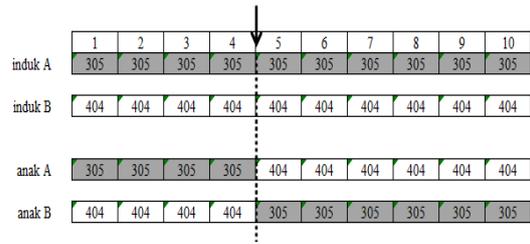
2.5.3. Crossover (Kawin Silang)

Dengan melakukan crossover diharapkan menghasilkan kromosom baru yang mempunyai nilai fitness yang lebih baik (Ramayanti, 2010; Putera, 2010). Crossover merupakan proses pertukaran atau kawin silang gen-gen dari dua induk yang terpilih secara acak (Yunantara, 2012).

Teknik crossover ada beberapa macam diantaranya adalah crossover dengan pemotongan dan crossover seragam (Putera, 2010). Crossover one cut-point dilakukan dengan menukarkan gen-gen dari dua induk sehingga menghasilkan dua kromosom anak seperti diilustrasikan dalam Gambar 5.

Adapun proses crossover adalah sebagai berikut (Kuswadi, 2007 dan Hermawanto, 2011) :

1. Menentukan fungsi obyektif, untuk penelitian ini fungsi obyektifnya adalah



Gambar 5. Crossover dengan one cut-point

menentukan durasi proyek dengan menggunakan CPM.

2. Menentukan nilai fitness[i]; $i = 1 \dots$ jumlah-kromosom. Fungsi fitness ini dirumuskan dengan persamaan :

$$f = \frac{1}{B / 100000000} \quad (3)$$

Dimana B adalah total biaya yang diakibatkan oleh penjadwalan, dan nilai B ditentukan dengan formula :

$$\text{Biaya (B[i])} = \sum_{j=1}^n b[j] + Btl[i] \quad (4)$$

dimana $i = 1..n$

n = jumlah kromosom (jaringan kerja)

b = biaya tiap item pekerjaan (gen)

j = nomor kromosom

Btl = Biaya tidak langsung

3. Mengitung Total Fitness

$$\text{total } f = \sum_{i=1}^n f[i] \quad (5)$$

4. Menghitung Probabilitas Kromosom

$$P[i] = \frac{f[i]}{\text{total } f} \quad (6)$$

5. Menghitung Kumulatif Probabilitas

$$C[i] = \sum_{m=1}^n P[m] \quad (7)$$

6. Memunculkan nilai random

$$R[k] = \text{Random} \quad (8)$$

$k = 1 \dots$ jumlah kromosom

7. Memilih kromosom yang dipertahankan dengan ketentuan

Jika $R[k] < C[1]$ maka kromosom satu dipertahankan
Jika $C[k-1] < R < C[k]$ maka kromosom ke-k dipertahankan dimana $k=2..$ jumlah kromosom

8. Memunculkan nilai random

$R[x] = \text{randam};$
 $x = 1..$ jumlah kromosom

9. Memilih kromosom induk

Jika $R[x] < pc$ maka kromosom ke-x dipilih sebagai induk

10. Menentukan posisi cut-point

$R[y] = \text{Randbetween}(1, nk)$

11. Menentukan Kromosom Anak

Prosedur penciptaan kromosom anak diperlihatkan Gambar 5.

12. Updating

Semua kromosom (jaringan kerjak) dihitung durasi dan biayanya, dan diambil 16 kromosom yang terbaik.

2.5.4. Mutasi

Mutasi adalah proses modifikasi kromosom dengan mengganti nilai salah satu gen dengan nilai tertentu yang dilakukan secara acak (Yunantara, 2012; Putera, 2010; dan Ramayanti, 2010).

Adapun Proses Mutasi adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah gen yang akan mengalami mutasi

$$nm = pm \times nk \times ng \quad (9)$$

nm = jumlah gen yang akan mutasi

$pm = 0,03$ (Arifuddin,2011)

nk = jumlah kromosom (jaringan kerjak)

ng = jumlah gen dalam 1 kromosom

2. Memunculkan nilai posisi cut-point $R[z]$ secara acak sebanyak nm .

3. Memunculkan nilai baru secara acak untuk gen yang mengalami mutasi.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dibagi dalam empat tahap yaitu : 1> Pengumpulan Data Sekunder, 2> Pemodelan kromosom dan gen, 3> Pembuatan populasi awal, 4> Perhitungan durasi dan biaya optimal.

3.2. Studi Kasus

Studi kasus yang digunakan adalah Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Fakultas Ekonomi Universitas Bhayangkara Surabaya yang terletak di jalan Ahmad Yani Nomor 114 Surabaya.

3.3. Metode Analisis

Setelah membentuk jaringan kerja proyek sebanyak 16, maka AG (Algoritma Genetika) menentukan jalur kritis dengan CPM sehingga diperoleh durasi proyek secara keseluruhan sekaligus menghitung biaya proyek untuk semua jaringan kerja. Kemudian AG berturut-turut melakukan seleksi jaringan kerja, crossover, dan mutasi. Proses AG ini diulang-ulang sampai diperoleh durasi dan biaya optimal.

3.4. Teknik Algoritma Genetika

Pada tahap pembentukan populasi awal yaitu pembentukan Network -network yang dalam penelitian ini ditetapkan ukuran populasi adalah 16 Network. Untuk pengkodean pada kromosom dibutuhkan data nama kegiatan, predecessor dan durasi untuk tiap kegiatan.

Seluruh kode kegiatan beserta predecessor dan durasi dalam satu network ditulis dalam satu string yang disebut kromosom, penulisan kromosom ini diperlihatkan dalam Gambar 6.

Kegiatan	1	2	3	4	5	6	7
Durasi+Predecessor	000	000	000	000	000	000	000

Gambar 6. Potongan kromosom yang merepresentasikan Network

Penulisan durasi dan predecessor, seperti pada Gambar 6, adalah XYZ dimana X menunjukkan kode durasi sedangkan YZ menunjukkan kode Predecessor. Kegiatan satu yaitu Pembersihan lokasi (Pada Gambar 6.) kode durasi adalah 0 menunjukkan durasi kegiatan tersebut adalah 1 (satu) hari sedangkan kode predecessornya adalah 00 menunjukkan tidak mempunyai predecessor, kode durasi dan kode predecessor untuk tiap kegiatan ditunjukkan pada lampiran. Kode durasi mulai dari 0 sampai 9 sedangkan kode predecessor mulai dari 00 sampai 13.

Pada proses pembentukan kelompok jaringan kerja pertama (populasi awal) sebanyak 16 jaringan kerja seperti pada Gambar 7.

	1	2	3	4	5	6	7
Network 1	611	611	611	611	611	611	611
Network 2	101	101	101	101	101	101	101
Network 3	102	102	102	102	102	102	102
Network 4	103	103	103	103	103	103	103
Network 5	104	104	104	104	104	104	104
Network 6	105	105	105	105	105	105	105
Network 7	106	106	106	106	106	106	106
Network 8	107	107	107	107	107	107	107
Network 9	108	108	108	108	108	108	108
Network 10	109	109	109	109	109	109	109
Network 11	110	110	110	110	110	110	110
Network 12	111	111	111	111	111	111	111
Network 13	211	211	211	211	211	211	211
Network 14	311	311	311	311	311	311	311
Network 15	411	411	411	411	411	411	411
Network 16	511	511	511	511	511	511	511

Gambar 7. Populasi Awal

IV. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Biaya Proyek Tidak Langsung

Biaya tidak langsung (*Indirect Cost*) pada proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Ekonomi UBHARA Surabaya berupa biaya konsumsi yang diperlukan saat meeting mingguan, sewa tempat meeting, dan biaya kompensasi pada ubhara berupa pemakaian listrik dan air. Biaya tidak langsung ini ditetapkan Rp 600,000.00 setiap minggu.

4.2. Analisis Biaya Langsung Setiap Kegiatan

Kegiatan Pembersihan Lokasi
Luas lokasi sebesar 270 m².
Biaya mateial tidak ada.

Biaya upah tenaga terdiri dari :

Indeks Pekerja = 0,05 OH

Indeks Mandor = 0,005 OH

Total Indeks tenaga adalah 0,05 + 0,005 = 0,055.

Durasi pembersihan lokasi dengan 17 tenaga adalah $0,05 \times 270 / 17 = 0,874$ hari ≈ 1 hari.

Dalam RKS ditentukan biaya hanya diambil 90% sehingga biaya tenaga adalah $Rp 0,90 \times 270 \times (0,05 \times 44437,5 + 0,005 \times 98750) = Rp 66.6562,50$

Dengan cara yang sama semua biaya dan durasi kegiatan ditabelkan pada lampiran.

4.3. Analisis Alternatif Durasi Kegiatan

Analisis Biaya pada waktu normal pada kegiatan Pasangan bata tebal ½ bata dengan volume 161.25 m² adalah sebagai berikut :

Analisa Waktu Normal

Kebutuhan Tenaga :

	I	HS	H
Mandor :	0.015	98750	1481.25
Kep Tk :	0.01	74062.5	740.625
Tk Batu :	0.1	59250	5925
Pekerja :	0.32	44437.5	14220
Biaya upah :			22366.875

Dalam RKS disebutkan hanya diambil 95 % :

Untuk volume 161.25 m² biaya upah = $21248.53 \times 161.25 = Rp 3,4263,25.66$

Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan Pasangan bata tebal ½ bata dengan volume 161.25 m² adalah

$$durasi = \frac{0.445 \times 161,25}{17} = 4.22 \approx 5 \text{ hari}$$

Biaya untuk menjadikan 4 hari adalah sebagai berikut

$$Biaya = \frac{Waktu normal \times Biaya Normal}{Waktu Crashing} = \frac{4.2209558 \times 3426325.66}{4}$$

$$= Rp 3,615, 592.36$$

Jika ditabelkan pada tabel 1

Tabel 1 Biaya Pasangan bata dalam juta rupiah

Jum hari	4,22 ≈ 5	4	3	2	1
Biaya Upah	3,426	3,615	4,820	7,231	14,462
Biaya Bahan	7,996	7,996	7,99	7,996	7,996
Total Biaya	11,422	11,612	12,817	15,227	22,458

Dengan cara yang sama semua kegiatan dihitung biaya dan durasinya.

4.4 Analisa fitness jaringan kerja

Nilai fitness suatu jaringan kerja berbanding lurus dengan tingkat optimasi biaya. Semakin besar nilai fitness suatu jaringan menunjukkan nilai optimasi biaya jaringan kerja tersebut semakin baik. Nilai fitness terbaik pada generasi awal sebesar 0,11145 pada jaringan kerja 3 dengan durasi sebesar 121 hari dan biaya proyek diperoleh Rp. 776.267.383,48.

Adapun nilai fitness pada generasi awal ditabelkan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Fitnes Pada Generasi Awal

Network	Fitness
1	0.1032
2	0.1039
3	0.1288
4	0.1112
5	0.1061
6	0.1045
7	0.1051
8	0.1113
9	0.1102
10	0.1062
11	0.1059
12	0.1066
13	0.1033
14	0.1033
15	0.1040
16	0.1012

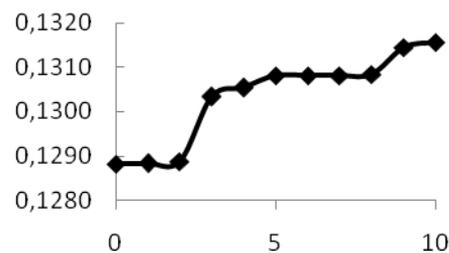
Fitness terbaik

Nilai fitness terbaik, durasi, dan biaya tiap generasi ditunjukkan pada Tabel 3 dan

Gambar 8. menggambar perubahan nilai fitness tiap generasi.

Tabel 3. Fitness Terbaik Tiap Generasi

Gen	Fitness	Durasi	Biaya (Juta)
0	0.1288	141	776,3
1	0.1288	139	776,2
2	0.1289	138	775,9
3	0.1303	138	767,2
4	0.1305	137	766,0
5	0.1308	136	764,4
6	0.1308	136	764,4
7	0.1308	136	764,4
8	0.1308	136	764,3
9	0.1314	135	760,7
10	0.1316	133	760,1



Gambar 8. Nilai Fitnes tiap generasi

4.5. Hasil Analisa CPM dan Algoritma Genetika

Biaya proyek sebelum dilakukan optimasi penjadwalan sebesar Rp 811,878,000.00 (delapan ratus sebelas juta delapan ratus tujuh puluh delapan ribu rupiah) terdiri biaya langsung sebesar Rp 799,878,000.00 dan biaya tidak langsung sebesar 20 minggu x 600,000.00 = Rp 12,000,000.00 yang diselesaikan dalam waktu 140 hari.

Hasil Analisa pertama dari CPM dan Algoritma, diperoleh optimasi dengan biaya sebesar Rp 776.267.383,49 yang dapat diselesaikan dalam waktu 141 hari. Hal ini berarti terjadi optimasi biaya sebesar 4.39 % tetapi optimasi pada waktu tidak tercapai. Biaya tidak langsung = $141 \times 600,000.00/7 = \text{Rp } 12.085.714,28.$

Sehingga biaya langsung menjadi Rp 776.267.383,49 - Rp 12.085.714,28 = Rp 764.181.669,21.

Hasil analisa terakhir diperoleh yaitu jaringan kerja sebelas dengan biaya total sebesar 760,100,093.82 (6,38 %) yang dapat diselesaikan dalam waktu 133 hari.

Hal ini berarti terjadi optimasi biaya sebesar 6.38 % sedangkan waktu sebesar 5 %. Biaya tidak langsung = $133 \times 600,000.00/7$ = Rp 11,400,000.14 Biaya langsung = Rp 760,100,093.82 - Rp 11,400,000.14 = Rp 748,700,093.82.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008. *Handbook Standar Nasional Indonesia (SNI) Analisa Biaya Konstruksi*. BSN. Jakarta.
- Arifudin, Reza, 2011. *Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Penyeimbangan Biaya Dengan Menggunakan Kombinasi CPM Dan Algoritma Genetika*. Jurnal Masyarakat Informatika Volume 2 Nomor 4, ISSN 2086 – 4930
- Hermawanto, Denny. *Algoritma Genetika Dan Contoh Aplikasinya*. http://dee83.files.wordpress.com/2011/12/algoritma_genetika_dan_contoh_aplikasinya_-_denny_hermawanto.pdf
- Kuswadi, Son, 2007. *Kendali Cerdas, Teori dan praktisnya*. Penerbit Andi.
- Mansyur, 2012. *Manajemen Pembiayaan Proyek*. LaksBang PRESSindo. Yogyakarta.
- Putera, I Gusti Agung Adnyana, 2010. *Proses Model Penjadwalan Proyek Dengan Algoritma Genetika*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Volume 14 Nomor 1, Januari 2010.
- Ramayanti, Desi; Ani, Nur; Nazarruddin, 2010. *Penerapan Metode Pert-CPM dan Algoritma Genetika Pada Kasus Penjadwalan Proyek*. Jurnal FIFO-UMB volume II Nomor 1, Mei 2010.
- Soeharto, Iman, 1997. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga. Jakarta.
- Sutjipto, R; Nugroho, Paul; Natan, Ishak, 1985. *Manajemen Proyek Konstruksi 1*. Kartika Yudha. Surabaya.
- Sutjipto, R; Nugroho, Paul; Natan, Ishak, 1985. *Manajemen Proyek Konstruksi 2*. Kartika Yudha. Surabaya.
- Yunantara, Made Darma; Astawa, I Gede Santi; Sanjaya, Agus, 2012. *Analisis Dan Implementasi Penjadwalan Dengan Menggunakan Pengembangan Model Crossover Dalam Algoritma Genetika*. JELIKU Vol 1 Nomor 2 Nopember 2012