PENERAPAN METODE PERT-CPM DAN ALGORITMA GENETIK PADA KASUS PENJADWALAN

ABSTRACT

Scheduling is work order planning and time or facility located for every process are completed, Critical path is a path that have the activity with the longest total time but showing the fastest way to finishing project.

The PERT (Program Evaluation and Review Technique) and CPM (Critical Path Method) method used to defined the critical path of a project. The PERT-CPM method solved problem with forward computation, backward computation and float/slack computation.

The material distribution is using the genetic algorithm. The genetic algorithm solved the problem with formed randomly initial population, evaluating the destination function and do the generation.

Key word :

Pert-cpm, genetic algorithm, network, critical path, population, chromosome, crossover, mutation.

ABSTRAK

Penjadwalan merupakan rencana pengaturan urutan kerja serta pengalokasian sumber baik waktu maupun fasilitas untuk setiap proses yang harus diselesaikan. Jalur kritis adalah suatu jalur yang memiliki kegiatan dengan total waktu yang paling lama tetapi menunjukan waktu penyelesaian proyek yang tercepat.

Metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) dan CPM (Critical Path Method) digunakan untuk menentukan jalur kritis sebuah proyek. Metode PERT-CPM memecahkan masalah dengan perhitungan maju, perhitungan mundur dan perhitungan kelonggaran waktu.

Pendistribusian bahan bangunan menggunakan algoritma genetik. Algoritma genetik memecahkan masalah dengan membentuk populasi awal secara acak, mengevaluasi fungsi tujuan dan melakukan penggenerasian.

Kata kunci :

Pert-cpm, algoritma genetik, network (jaringan kerja), jalur kritis, populasi, kromosom, crossover, mutasi.

I. PENDAHULUAN

Pada dasarnya sebuah 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.

Sebuah kegiatan (aktivitas) dalam sebuah proyek biasanya dipandang sebagai sebuah tugas yang membutuhkan waktu dan sumberdaya untuk menyelesaikannya.

Dimasa yang lalu penjadwalan sebuah proyek dilakukan hanya dengan sedikit perencanaan. Dan alat perencanaan yang paling terkenal pada saat itu bagan batang gantt (*GANTT BAR CHART*) atau peta tonggak batas gantt (*GANTT MILESTONE CHART*), dimana bagan batang gantt ini menyatakan waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan di satu skala waktu horizontal. Sehingga adanya kerugian utama dari bagan ini, yaitu ketergantungan diantara berbagai kegiatan (terutama yang mengendalikan kemajuan proyek) tidak dapat di tentukan dari bagan tersebut.

Peningkatan yang kompleksitas di proyek-proyek saat ini menuntut digunakannya teknik-teknik perencanaan yang lebih sistematis dan lebih efektif dengan tujuan untuk mengoptimalkan efisiensi waktu pelaksanaan proyek yang bersangkutan. Efisiensi disini menyiratkan dicapainya penurunan terbesar dalam waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek yang bersangkutan sambil tetap mempertahankan kebijakan ekonomi dan penggunaan sumberdaya yang tersedia.

Berdasarkan alasan-alasan diatas, penerapan masalah penjadwalan proyek dapat diselesaikan menggunakan 2 metode, yaitu metode (PERT-CPM) dan ALGORITMA GENETIK. Metode (PERT-CPM) untuk memecahkan masalah penjadwalan proyek bergerak secara setahap demi setahap untuk mengoptimalkan penyelesaian sebuah proyek. ALGORITMA GENETIK merupakan teknik pencarian secara stokastik berdasar seleksi alam dan evolusi. Teknik pencariannya dimulai dengan pembangkitan suatu populasi yang terdiri individu-individu. Setelah melalui proses alam yaitu persilangan (crossover) dan mutasi maka lahir sebuah populasi yang baru. Populasi ini diperoleh dari individu-individu yang dapat bertahan dan individu terbaik (yang paling fit) pada generasi terakhir adalah solusi persoalan.

II. TEORI

Penjadwalan merupakan rencana pengaturan urutan kerja serta pengalokasian sumber baik waktu maupun fasilitas untuk setiap proses yang harus diselesaikan. Jalur kritis adalah suatu jalur yang memiliki kegiatan dengan total waktu yang paling lama tetapi menunjukan waktu penyelesaian proyek yang tercepat.

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.

2.1 Teknik Analitis Untuk Perencanaan dan Penjadwalan Proyek

Manajemen Proyek telah berkembang sebagai suatu bidang baru dengan dikembangkannya dua teknik analitis untuk perencanaan dan penjadwalan proyek. Kedua teknik analitis itu adalah PERT (*Program Evalution and Review Teknique* / Teknik Penilaian dan Peninjauan kembali Proyek) dan CPM (*Critical Path Method* / Metode Jalur Kritis), kedua teknik analitis itu dikembangkan oleh dua kelompok yang berbeda dalam waktu yang hampir bersamaan (1956-1958). Teknik PERT ini dikembangkan oleh *Navy Special Projects Office* (Biro proyek-proyek khusus angkatan laut AS) yang bekerja sama dengan *Booz, Allen* dan *Hamilton*, yang merupakan suatu perusahaan konsultan manajemen yang bertujuan untuk penelitian dan pengembangan program peluru kendali Polaris. Sedangkan CPM sendiri dikembangkan oleh *E.I.du Pont de Nemours and Company* yang digunakan sebagai aplikasi dalam proyek-proyek konstruksi yang kemudian diperluas oleh *Mouchy Associates*.

Teknik analitis PERT dan CPM pada dasarnya merupakan metode yang berorientasi pada waktu, dalam artian keduanya mengarah pada penentuan sebuah jadwal. Walaupun keduanya dikembangkan secara independent/terpisah tetapi keduanya sangat serupa, dan saat ini PERT dan CPM dalam kenyataannya membentuk satu teknik dan yang membedakannya hanyalah bersifat historis/sejarah. Maka, konsekuensinya kedua teknik analitis ini dapat disebut dengan teknik-teknik *"Penjadwalan Proyek"*.

2.2 Latar Belakang Diagram Jaringan Kerja (*Network Diagram*)

PERT bukanlah suatu alat manajemen yang baru. Sebagai mana kebanyakan teknik-teknik manajemen, PERT merupakan sebuah alat penjadwalan dan pengendalian proyek yang membantu seorang manajer/pemkai dalam hal pengambilan keputusan yang lebih baik terhadap apa yang mereka pimpin.

Sebagian besar para pelajar dibidang manajemen tentunya tidak asing lagi dengan nama *H.L. Gantt*. Gantt hidup dalam masa yang sama dengan *F.W. Taylor*, yang merupakan bapak dari manajemen yang ilmiah. Dalam usaha menanggulangi masalah pengendalian produksi, Gantt berhasil menciptakan peta Gantt yang sangat terkenal yang saat ini masih di pergunakan sebagai alat penjadwalan dan pengendalian sebuah proyek, dan kemungkinan besar Gantt yang telah dikembangkan inilah yang menjadi pelopor PERT.

Gantt menggunakan apa yang dinamakan *Gantt Milostone Chart* (Peta tonggak batas *gantt*), peta ini pada dasarnya menggambarkan

kegiatan yang harus dilaksanakan. Dan peta ini juga menggambarkan hubungan antar tingkat dari kegiatan, dengan kata lain peta ini menggambarkan adanya kordinasi yang dibutuhkan antara berbagai tingkatan dari suatu proyek.

2.3 Algoritma Genetik

Algoritma genetik merupakan algoritma pencarian berdasarkan pada mekanisme yang meniru dari seleksi alam dan evolusi. Istilah yang digunakan dalam algoritma genetik adalah meminjam dari genetik alam seperti populasi, kromosom dan gen. Algoritma genetik berbeda dari teknik pencarian konvensional, dimulai dengan kumpulan inisial dari solusi acak yang disebut populasi.

Setiap individu dalam populasi disebut kromosom, yang mewakili suatu solusi dari masalah, suatu kromosom merupakan sebuah string dari simbol. Kromosom-kromosom tersebut akan melakukan suatu regenerasi melalui ulangan berturut-turut. Dan selama regerasi kromosm akan dievaluasi dengan menggunakan suatu ukuran yang disebut fitness value (keuntungan kesesuaian). Semakin besar keuntungan fitnees suatu kromosom, maka semakin besar kemungkinannya ikut dalam regenerasi.

Untuk menghasilkan generasi berikutnya, yaitu kromosom-kromosom baru yang disebut *offspring*. Dibentuk dengan :

a. Menggabungkan dua kromosom dari generasi baru dengan cara persilangan (*crossover*).
b. Mengubah suatu kromosom dengan meggunakan operator mutasi.

Generasi baru yang dibentuk akan dipilih sesuai dengan nilai fitnees beberapa kromosom induk dan tetap mengambil populasi secara konstan setelah beberapa generasi. Algoritma munuju kesatu titik yaitu kromosom terbaik dengan probabilitas tinggi yang akan mewakili solusi yang optimal atau suboptimal pada suatu masalah.

Beberapa hal yang sangat dibutuhkan algoritma genetik dalam memecahkan suatu masalah adalah operator genetik, fungsi evaluasi dan teknik pemilihan induk. Ketiga hal tersebut saling berhubungan satu sama lainnya, sehingga jika salah satu diabaikan maka algoritma genetik tidak akan bisa dijalankan dengan maksimal. Operator genetik dilakukan setelah teknik pemilihan induk dijalankan.

2.3.1 Struktur Umum Algoritma Genetik

Struktur Umum algoritma genetik terdiri dari :

1. **Populasi** adalah sekumpulan solusi acak atau teknik pencarian dilakukan sekaligus atas sejumlah solusi.
2. **Kromosom** adalah individu yang terdapat dalam satu populasi.
3. **Gen** merupakan bagian dari kromosom.
4. **Generasi** adalah hasil evolusi kromosom-kromosom melalui iterasi.
5. **Fitness** adalah nilai proses evolusi dengan menggunakan alat ukur.
6. **Offspring** adalah generasi yang dikenal dengan istilah anak.
7. **Parent** adalah gabungan dua kromosom yang bertidak sebagai induk.

8. **Crossover** adalah operator penyilangan.
9. **Mutasi** adalah suatu kromosom yang dimodifikasi.

2.3.2 Sejarah Algoritma Genetik

Pada tahun 1960, I. Rechenberg dalam bukunya *"Evolution Strategies"* mengemukakan tentang computer evolusioner yang kemudian dikembangkan oleh peneliti lain. Algoritma genetik sendiri diciptakan oleh ohn Holland dan dikembangkannya bersama mahasisiwa dan rekan-rekannya. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya buku yang dibuat oleh Holland yang berjudul "*Adaptation in natural and Artificial System*" yang diterbitkan pada tahun 1975.

Tujuh belas tahun kemudian, John Koza melakukan penelitian suatu pogram yang berkembang dengan menggunakan algoritma genetik. Program yan terkenal dengan sebutan metode "*Genetik Programming*" tersebut dibuat dengan menggunakan LISP (bahasa pemrogramannya dapat dinyatakan dalam bentuk *parse tree* yaitu objek kerjanya pada algoritma genetik). Dan algoritma genetik terus digunakan untuk memecahkan masalah yang sulit dipecahkan dengan algoritma konvensional.

2.3.3 Operator dan Fungsi Evaluasi

Dalam pemecahan masalah yang dihadapi, algoritma genetik memulai pemecahannya dengan mengkodekan solusi persoalan optimasi kedalam bentuk string. Biasanya solusi persoalan optimasi dikodekan dalam bentuk biner tetapi tidak harus pada beberapa masalah kombinatorial seperti masalah Travelling Salesman, Penjadwalan Job Shop, Penjadwalan Flow Shop dan lain-lain. Dan pengkodean yang digunakan adalah pengkodean bilangan bulat (integer coding). String pada algoritma genetik berperan sama dengan kromosom pada teori evolusi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah salah satu masalah *network diagram* yang banyak diimplementasikan di dunia nyata. Diagram jaringan kerja (Network diagram) digunakan untuk menentukan jalur kritis dan waktu kritis selesainya sebuah proyek dengan menggunakan metode (PERT-CPM). Sedangkan untuk ALGORITMA GENETIK kasusnya adalah pendistribusian bahan bangunan, permasalahannya adalah menentukan waktu terpendek yang harus dilalui tanpa kembali melewati tempat yang sudah dilalui, waktu yang digunakan pada algoritma genetik adalah menit.

3.2 Pemecahan Metode PERT-CPM

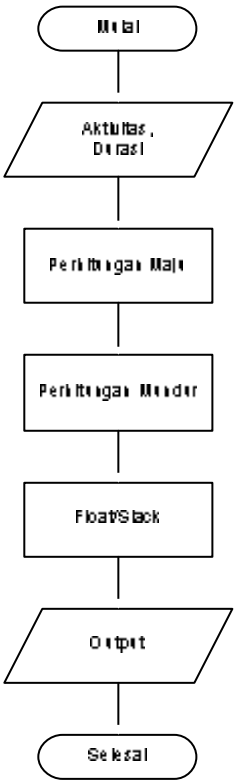
Data penelitian yang digunakan dalam tugas akhir berupa *network diagram* (jaringan kerja) yang merepresentasikan kegiatan, nama kegiatan atau aktivitas, pendahulu, pekerja, dan waktu pelaksanaan (duration). Waktu pelaksanaan (duration) menggunakan hari. Di bawah ini adalah tabel kegiatan, nama-nama kegiatan, pendahulu, pekerja, dan waktu pelaksanaan (duration) Proyek Pembangunan UGB TKN Pembina di kabupaten Tasikmalaya.

Tabel 3.1 Daftar kegiatan

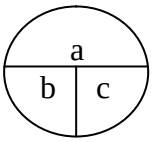
Kegiatan	Nama Kegiatan	Pendahulu	Pekerja	Durasi
A	Pekerjaan Persiapan	-	p	2
B	Pekerjaan Pondasi	A	q	6
C	Membuat Kusen	B	r	5
D	Pekerjaan Tembok Setinggi Jendela	B	q	4
E	Memasang Kusen	C,D	r	0
F	Meneruskan Pekerjaan Tembok	E	q	9
G	Membuat Pintu dan Jendela	E	r	7
H	Pekerjaan Atap dan Genting	F	q	6
I	Pekerjaan Laburan dan Pengecatan	H	q	9
J	Memasang Pintu dan Jendela	G	r	5
K	Pekerjaan Lantai	I	q	4
L	Finishing	K,J	p	2

Cara perhitungan yang dilakukan terdiri atas dua cara, yaitu cara perhitungan maju (forward computation) dan perhitungan mundur (backward computation), kemudian dilakukan perhitungan kelonggaran waktu (float/slack)

Tahap-tahap umum dalam menyelesaikan masalah penjadwalan proyek dapat dilihat pada diagram alir Metode PERT-CPM (Gambar 3.1)



Untuk melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur ini, lingkaran kegiatan (event) dibagi atas tiga bagian sebagai berikut:

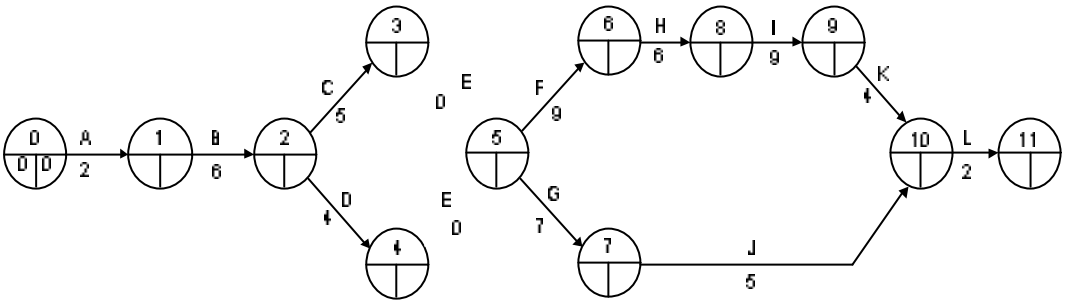


a = ruang untuk nomor *event*

b = ruang untuk menunjukkan saat paling cepat terjadinya *event* (TE), yang juga merupakan hasil perhitungan maju.

c = ruang untuk menunjukan saat paling lambat terjadinya *event* (TL), yang juga merupakan hasil perhitungan mundur.

Network (jaringan kerja) untuk proyek Pembangunan Unit Gedung Baru (UGB) TKN Pembina Tasikmalaya, dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Network (Jaringan kerja)

3.2.1 Perhitungan Maju (Forward Computation)

Pada perhitungan maju, perhitungan bergerak dari *initial event* menuju *terminal event*. Maksudnya ialah menghitung saat yang paling cepat terjadinya *events* dan saat paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TE, ES, dan EF).

Waktu kelaksanaan (duration) kegiatan A adalah 2 hari sehingga saat tercepat diselesaikannya aktivitas A adalah pada hari kedua atau $EF_{(0,1)} = 2$. Karena aktivitas A ini adalah satu-satunya aktivitas yang memasuki node 1, maka saat tercepat terjadinya event nomor 1 juga pada hari kedua, atau $TE_{(1)} = 2$. Maka masukkan angka 2 ke dalam ruang kiri node 1.

$TE_{(2)} = EF_{(1,2)} = EF_{(0,1)} + \text{duration} = TE_{(1)} + 6 = 2 + 6 = 8$

$TE_{(3)} = EF_{(2,3)} = EF_{(1,2)} + \text{duration} = TE_{(2)} + 5 = 8 + 5 = 13$

$TE_{(4)} = EF_{(2,4)} = EF_{(1,2)} + \text{duration} = TE_{(2)} + 4 = 8 + 4 = 12$

Node 5 merupakan *merge event*, $EF_{(3,5)} = 13 + 0 = 13$ dan $EF_{(4,5)} = 12 + 0 = 12$. Maka $TE_{(5)}$ = maks (13,12) = 13, dan masukan angka 13 pada ruang kiri bawah dari node 4

$TE_{(6)} = EF_{(5,6)} = EF_{(3,5)} + \text{duration} = TE_{(5)} + 9 = 13 + 9 = 22$

$TE_{(7)} = EF_{(5,7)} = EF_{(3,5)} + \text{duration} = TE_{(5)} + 7 = 13 + 7 = 20$

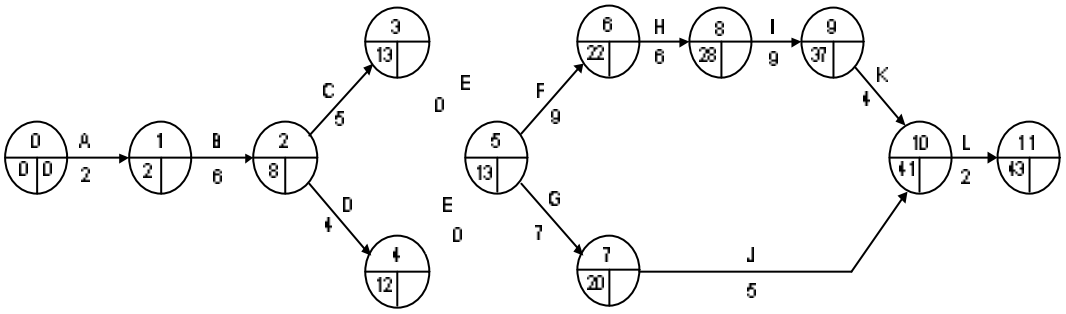
$TE_{(8)} = EF_{(6,8)} = EF_{(5,6)} + \text{duration} = TE_{(6)} + 6 = 22 + 6 = 28$

$TE_{(9)} = EF_{(8,9)} = EF_{(6,8)} + \text{duration} = TE_{(8)} + 9 = 28 + 9 = 37$

Node 10 merupakan *merge event*, $EF_{(9,10)} = 37 + 4 = 41$ dan $EF_{(7,10)} = 20 + 5 = 25$. Maka $TE_{(10)}$ = maks (41,25) = 41, dan masukan angka 41 pada ruang kiri bawah dari node 10.

$TE_{(11)} = EF_{(10,11)} = EF_{(9,10)} + \text{duration} = TE_{(10)} + 2 = 41 + 2 = 43$

Maka diagram network diatas menjadi:



Gambar 3.3 Network Perhitungan maju

3.2.2 Perhitungan Mundur (Backward Computation)

Pada perhitungan mundur, perhitungan bergerak dari dari *terminal event* menuju ke *initial event*. Tujuannya ialah untuk menghitung saat paling lambat terjadinya events dan saat paling lambat dimulainya dan diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TL, LS, dan LF).

Dari hasil perhitungan maju diperoleh $TE_{(11)} = 43$, sehingga dengan sendirinya $TL_{(11)} = 43$. Masukkan angka 43 pada ruang kanan bawah dari node 11. Aktivitas I dapat diselesaikan paling lambat pada hari ke-43 dengan duration 2 hari, maka aktivitas I dapat dimulai pelaksanaannya paling lambat setelah hari ke-43 - 2 = 41 sehingga $TL_{(10)} = 41$.

$TL_{(9)} = 41 - \text{duration} = 41 - 4 = 37$

$TL_{(8)} = 37 - \text{duration} = 37 - 9 = 28$

$TL_{(7)} = 41 - \text{duration} = 41 - 5 = 36$

$TL_{(6)} = 28 - \text{duration} = 28 - 6 = 22$

Node 5 merupakan *burst event*, $LS_{(5,6)} = 22 - 9 = 13$ dan $EF_{(5,7)} = 36 - 7 = 29$. Maka $TL_{(5)} = \min(13,29) = 13$, dan masukan angka 13 pada ruang kiri bawah dari node 5.

$TL_{(4)} = 13 - \text{duration} = 13 - 0 = 13$

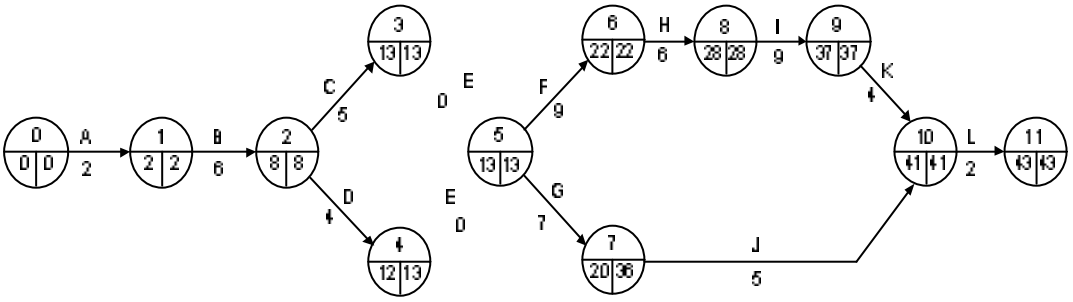
$TL_{(3)} = 13 - \text{duration} = 13 - 0 = 13$

Node 2 merupakan *burst event*, $LS_{(2,3)} = 13 - 5 = 8$ dan $EF_{(2,4)} = 13 - 4 = 9$. Maka $TL_{(2)} = \min(8,9) = 8$, dan masukan angka 8 pada ruang kiri bawah dari node 2

$TL_{(1)} = 8 - \text{duration} = 8 - 6 = 2$

$TL_{(0)} = 2 - \text{duration} = 2 - 2 = 0$

Maka diagram lengkap sebagai hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur menjadi:



Gambar 3.4 Network Perhitungan Mundur

3.2.3 Perhitungan Kelonggaran Waktu (Float atau Slack)

Setelah perhitungan maju dan perhitungan mundur selesai dilakukan, maka berikutnya dilakukan perhitungan kelonggaran waktu (float/slack) dari aktivitas (i,j), yang terdiri atas *total float* dan *free float*. *Total float* dihitung dengan cara mencari selisih antara saat paling lambat diselesaikannya aktivitas dengan saat paling cepat diselesaikannya aktivitas (LF – ES). Sedangkan *free float* aktivitas(i,j) dihitung dengan cara mencari selisih antara saat tercepat terjadinya *event* di ujung aktivitas dengan saat tercepat diselesaikannya aktivitas (i,j) tersebut.

Total float dapat dihitung dengan menggunakan rumus $S_{(i,j)} = TL_{(j)} - TE_{(i)} - t_{(i,j)}$

Free float dapat dihitung dengan menggunakan rumus $SF_{(i,j)} = TE_{(j)} - TE_{(i)} - t_{(i,j)}$

Aktivitas A(0,1) : $S_{(0,1)} = 2 - 0 - 2 = 0$

$SF_{(0,1)} = 2 - 0 - 2 = 0$

Aktivitas B(1,2) : $S_{(1,2)} = 8 - 2 - 6 = 0$

$SF_{(1,2)} = 8 - 2 - 6 = 0$

Aktivitas C(2,3) : $S_{(2,3)} = 13 - 8 - 5 = 0$

$SF_{(2,3)} = 13 - 8 - 5 = 0$

Aktivitas D(2,4) : $S_{(2,4)} = 13 - 8 - 4 = 1$

$SF_{(2,4)} = 12 - 8 - 4 = 0$

Aktivitas E(3,5) : $S_{(3,5)} = 13 - 13 - 0 = 0$

$SF_{(3,5)} = 13 - 13 - 0 = 0$

Aktivitas F(5,6) : $S_{(5,6)} = 22 - 13 - 9 = 0$

$SF_{(5,6)} = 22 - 13 - 9 = 0$

Aktivitas G(5,7) : $S_{(5,7)} = 36 - 13 - 7 = 16$

$SF_{(5,7)} = 20 - 13 - 7 = 0$

Aktivitas H(6,8) : $S_{(6,8)} = 28 - 22 - 6 = 0$

$SF_{(6,8)} = 28 - 22 - 6 = 0$

Aktivitas I(8,9) : $S_{(8,9)} = 37 - 28 - 9 = 0$

$SF_{(8,9)} = 37 - 28 - 9 = 0$

Aktivitas J(7,10) : $S_{(7,10)} = 41 - 20 - 5 = 16$

$SF_{(7,10)} = 25 - 20 - 5 = 0$

Aktivitas K(9,10) : $S_{(9,10)} = 41 - 37 - 4 = 0$

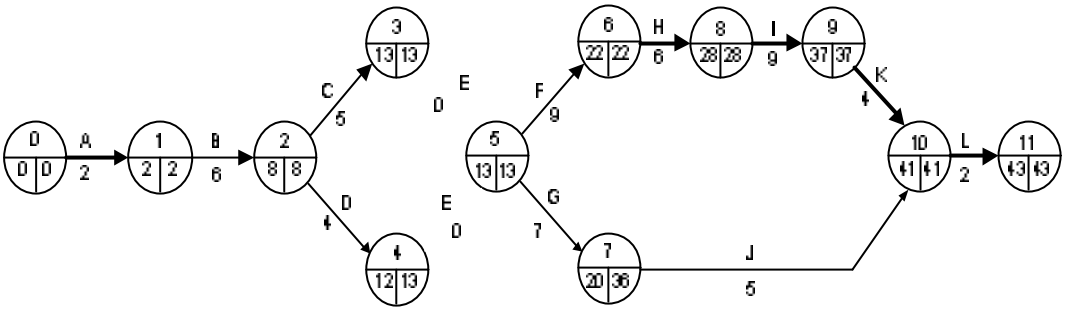
$SF_{(9,10)} = 41 - 37 - 4 = 0$

Aktivitas L(10,11) : $S_{(10,11)} = 43 - 41 - 2 = 0$

$SF_{(10,11)} = 43 - 41 - 2 = 0$

Suatu aktivitas yang tidak mempunyai kelonggaran (float) disebut aktivitas kritis. Dengan kata lain, aktivitas kritis mempunyai S = SF = 0. Pada kasus di atas, aktivitas kritisnya adalah aktivitas-aktivitas A, B, C, E, F, H, I, K dan L.

Akrivitas-aktivitas kritis ini akan membentuk lintasan kritis yang biasanya dimulai dari *initial event* sampai ke *terminal event*. Lintasan kritisnya adalah lintasan yang melalui node 0, 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10 dan 11. Biasanya pada *network* digambarkan sebagai garis tebal sebagai berikut:



Gambar 3.5 Network Lintasan Kritis (Critical Path)

Waktu merupakan faktor yang sangat menentukan bagi keberhasilan proyek, maka lintasan kritis inilah yang perlu dikendalikan.

Perhitungan untuk menentukan lintasan kritis ini dapat dirangkum dalam suatu tabel yang memuat seluruh informasi yang diperlukan untuk membuat peta waktu (time-chart) pelaksanaan proyek. Tabel tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Peta Waktu (Time-Chart) Pelaksanaan Proyek

Kegiatan	Pendahulu	Durasi	Paling Cepat		Paling Lambat		Total float	Free float
			Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	S	SF
			ES	EF	LS	LF		
A	-	2	0	2	0	2	0	0 *)
B	A	6	2	8	2	8	0	0 *)
C	B	5	8	13	8	13	0	0 *)
D	B	4	8	12	8	13	1	1
E	C,D	0	13	13	13	13	0	0 *)
F	E	9	13	22	13	22	0	0 *)
G	E	7	13	20	13	36	16	2
H	F	6	22	28	22	28	0	0 *)
I	H	9	28	37	28	37	0	0 *)
J	G	5	20	25	36	41	16	16
K	I	4	37	41	37	41	0	0 *)
L	K,J	2	41	43	41	43	0	0 *)

Aktivitas kritis : A ? B ? C ? E ? F ? H? I ? K? L

Waktu Pelaksanaan : 2 + 6 + 5 + 0 + 9 + 6 + 9 + 4 + 2 = 43

3.3 Pemecahan Algoritma Genetik

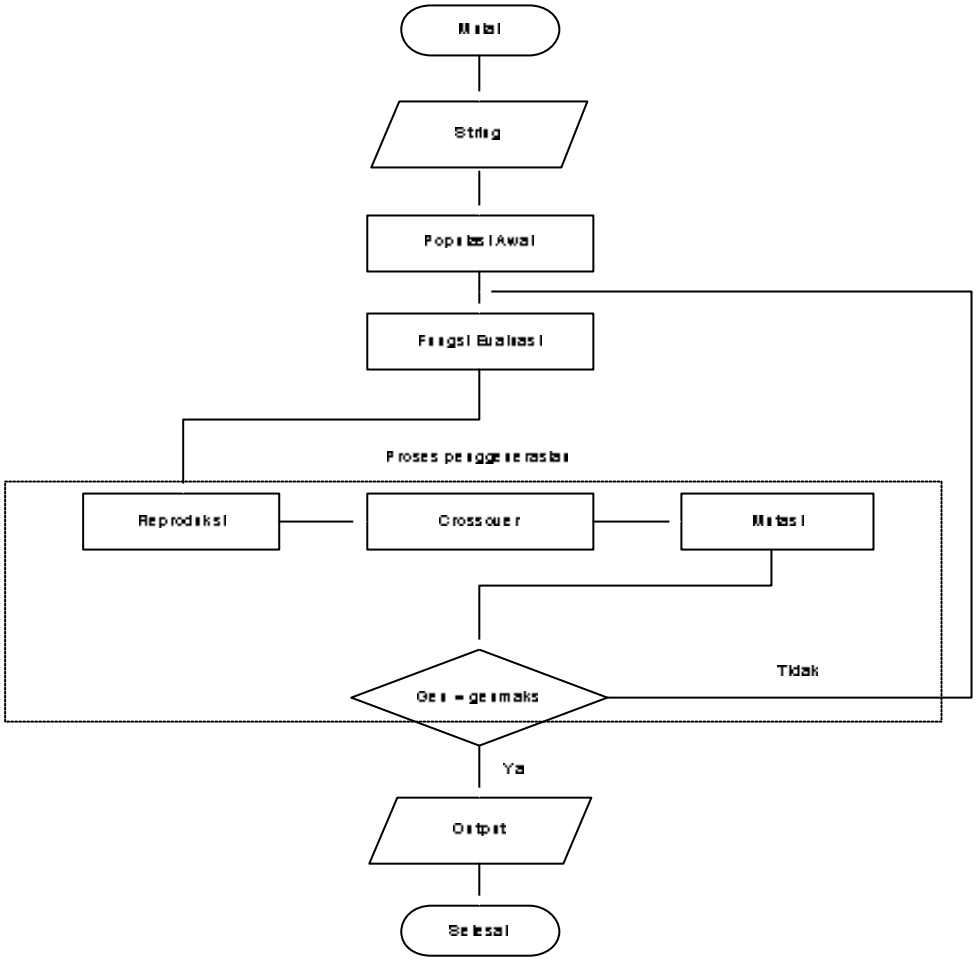
Kasus pada algoritma genetik adalah pendistribusian bahan bangunan pada proyek pembangunan unit gedung baru (UGB) TKN Pembina Tasikmalaya. Pada algoritma genetik setiap elemen dari masalah selalu dibentuk ke dalam beberapa generasi sesuai dengan prinsip dasarnya yang mengacu pada teori evolusi Darwin. Pelaksanaan penggenerasian ini dibantu oleh seleksi alam dan pengkodean pada

setiap elemen masalah yang dicari. Bahkan setiap masalah selalu diberikan pemecahan potensial yang optimum dan memberikan suatu keputusan terbaik secara probabilitas yang ditimbulkan dari masalah tersebut.

Hal penting yang harus diperhatikan dalam melakukan pemecahan masalah dengan menggunakan algoritma genetik yaitu berupa langkah-langkah yang terstruktur atau strategi pemecahan. Langkah – langkah dalam pemecahan masalah menggunakan algoritma genetik meliputi :

1. Membuat representasi untuk pemecahan – pemecahan yang potensial pada masalah.
2. Membuat inisialisasi populasi dari pemecahan – pemecahan yang potensial.
3. Membuat fungsi evaluasi yang berperan sebagai lingkungan dan menilai pemecahan – pemecahan sebagai syarat – syarat fitnessnya.
4. Menggunakan operator genetik (seleksi, crossover dan mutasi) untuk mengubah komposisi child (anak).
5. Memberikan nilai untuk berbagai parameter yang digunakan pada algoritma genetik (ukuran populasi, probabilitas dari operator genetik).

Dengan mengacu pada langkah – langkah diatas, pemecahan masalah pendistribusian bahan bangunan dapat tercapai. Gambar 3.6 adalah diagram alir penyelesaian menggunakan algoritma genetik.


Mulai
String
Populasi Awal
Fungsi Evaluasi
Proses penggenerasian
Reproduksi
Crossover
Mutasi
Gen = genmaks
Tidak
Ya
Output
Selesai

3.3.2 Representasi Kromosom

Elemen utama dalam pengoperasian algoritma genetik adalah kromosom. Pada sebuah kromosom terdiri dari kumpulan gen. Yang dimaksud gen disini adalah elemen-elemen secara acak yang membentuk sebuah kromosom. Suatu kromosom mewakili urutan pendistribusian bahan bangunan. Misalnya sebuah kromosom adalah [2 1 3 4 5 6 7 8 10 9].

3.3.3 Inisialisasi populasi

Pada inisialisasi ini akan dibuat sebuah populasi dari kumpulan kromosom. Alternatif yang digunakan untuk menentukan populasi awal yaitu dengan menentukannya secara acak. Satu kromosom merupakan urutan pendistribusian bahan bangunan. Misalkan ukuran populasi adalah sepuluh dan populasi awal ditentukan secara acak seperti dibawah ini :

1. 2 - 10 - 4 - 5 - 7 - 1 - 3 - 6 - 8 - 9
2. 2 - 6 - 5 - 7 - 4 - 1 - 8 - 10 - 3 - 9
3. 2 - 4 - 7 - 3 - 6 - 1 - 5 - 10 - 8 - 9
4. 2 - 4 - 1 - 7 - 8 - 6 - 10 - 5 - 3 - 9
5. 2 - 8 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10 - 7 - 1 - 9
6. 2 - 7 - 1 - 3 - 5 - 10 - 4 - 8 - 6 - 9
7. 2 - 4 - 6 - 3 - 1 - 5 - 8 - 7 - 10 - 9
8. 2 - 7 - 3 - 10 - 5 - 1 - 8 - 6 - 4 - 9
9. 2 - 5 - 3 - 4 - 10 - 7 - 8 - 6 - 1 - 9
10. 2 - 8 - 10 - 7 - 1 - 4 - 5 - 3 - 6 - 9
11. 2 - 10 - 1 - 3 - 6 - 4 - 5 - 8 - 7 - 9
12. 2 - 1 - 10 - 4 - 5 - 3 - 7 - 8 - 6 - 9
13. 2 - 5 - 8 - 3 - 1 - 4 - 10 - 6 - 7 - 9
14. 2 - 6 - 5 - 7 - 1 - 3 - 10 - 8 - 4 - 9
15. 2 - 6 - 5 - 3 - 1 - 8 - 4 - 7 - 10 - 9

3.3.4 Fungsi Evaluasi

Fungsi evaluasi adalah suatu proses mengevaluasi fittnes dari suatu kromosom dengan mengubah objektif dari persoalan. Proses pengevaluasian fitness suatu kromosom terdiri dari dua tahap yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan fungsi tujuan
2. Pengubahan nilai fungsi tujuan ke dalam nilai fitness.

Secara umum, fungsi fitness diturunkan dari fungsi objektif dengan nilai yang tidak negatif. Rumus untuk menentukan total fitness pada populasi yaitu :

$$F = \sum_{k=1}^{pop_size} eval(Vk)$$

1. 2 - 10 - 4 - 5 - 7 - 1 - 3 - 6 - 8 - 9 Waktu Pelaksanaan : 53
2. 2 - 6 - 5 - 7 - 4 - 1 - 8 - 10 - 3 - 9 Waktu Pelaksanaan : 44
3. 2 - 4 - 7 - 3 - 6 - 1 - 5 - 10 - 8 - 9 Waktu Pelaksanaan : 37
4. 2 - 4 - 1 - 7 - 8 - 6 - 10 - 5 - 3 - 9 Waktu Pelaksanaan : 56

5. 2 - 8 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10 - 7 - 1 - 9 Waktu Pelaksanaan : 61
6. 2 - 7 - 1 - 3 - 5 - 10 - 4 - 8 - 6 - 9 Waktu Pelaksanaan : 62
7. 2 - 4 - 6 - 3 - 1 - 5 - 8 - 7 - 10 - 9 Waktu Pelaksanaan : 49
8. 2 - 7 - 3 - 10 - 5 - 1 - 8 - 6 - 4 - 9 Waktu Pelaksanaan : 42
9. 2 - 5 - 3 - 4 - 10 - 7 - 8 - 6 - 1 - 9 Waktu Pelaksanaan : 48
10. 2 - 8 - 10 - 7 - 1 - 4 - 5 - 3 - 6 - 9 Waktu Pelaksanaan : 40
11. 2 - 10 - 1 - 3 - 6 - 4 - 5 - 8 - 7 - 9 Waktu Pelaksanaan : 62
12. 2 - 1 - 10 - 4 - 5 - 3 - 7 - 8 - 6 - 9 Waktu Pelaksanaan : 51
13. 2 - 5 - 8 - 3 - 1 - 4 - 10 - 6 - 7 - 9 Waktu Pelaksanaan : 71
14. 2 - 6 - 5 - 7 - 1 - 3 - 10 - 8 - 4 - 9 Waktu Pelaksanaan : 57
15. 2 - 6 - 5 - 3 - 1 - 8 - 4 - 7 - 10 - 9 Waktu Pelaksanaan : 53

Waktu terpendek dalam iterasi=37
Waktu terpendek/terbaik =37

3.3.5 Operator Genetik

Dalam menyelesaikan suatu masalah, operator genetik merupakan hal yang terpenting karena pada saat seleksi, nilai-nilai yang dihasilkan oleh operator ini akan diproses sehingga membentuk suatu pemecahan yang optimal. Operator genetik terdiri dari tiga operator yaitu reproduksi, crossover dan mutasi. Ketiga operator tesebut saling berkaitan satu dengan yang lainnya.

1. **Reproduksi**

   Pada proses reproduksi akan dilakukan pembentukan populasi baru dengan cara membentuk string (kromosom) baru berdasarkan string yang ada berdasarkan proporsi fungsi *fitness* masing-masing string.

2. **Crossover**

   Setelah proses reproduksi selesai, maka proses crossover dapat dilakukan. Kromosom yang akan dicrossover tergantung kepada peluang crossover yang sebelumnya telah ditentuakn. Misalkan peluang crossover (pc) adalah 25% (0,25) dan ukuran populasinya adalah 10, maka yang akan dicossover adalah 2 kromosom. Setelah 2 kromosom diperoleh, maka dilakukan proses crossover dengan memakai operator PMX (Partial-Mapped Crossover). Misalkan 2 kromosom yang diperoleh adalah sebagai berikut:

   Yang terpilih untuk jadi parent :
   parent 1: 2 - 4 - 7 - 3 - 6 - 1 - 5 - 10 - 8 - 9
   parent 2: 2 - 4 - 1 - 7 - 8 - 6 - 10 - 5 - 3 - 9

   Cut point 1 : 3
   Cut point 2 : 7

   proto-child 1: 2 - 4 - 1 - 7 - 8 - 6 - 10 - 10 - 8 - 9
   proto-child 2: 2 - 4 - 7 - 3 - 6 - 1 - 5 - 5 - 3 - 9

   Mapping Relationship

1 7 8 6 10
7 3 6 1 5

8 <===> 3
10 <===> 5
offstring 1: : 2 - 4 - 1 - 7 - 8 - 6 - 10 - 5 - 3 - 9
offstring 2: : 2 - 4 - 7 - 3 - 6 - 1 - 5 - 10 - 8 - 9

3. Mutasi

Dalam proses mutasi ini, operator yang dipakai adalah *insertion mutation*. Proses yang diperoleh adalah sebagai berikut :

random tempat : 9 posisi : 3 2 - 10 - 8 - 4 - 5 - 7 - 1 - 3 - 6 - 9
random tempat : 6 posisi : 7 2 - 6 - 5 - 7 - 4 - 8 - 1 -10 - 3 - 9
random tempat : 5 posisi : 6 2 - 4 - 1 - 7 - 6 - 8 - 10 - 5 - 3 - 9
random tempat : 3 posisi : 2 2 - 7 - 4 - 3 - 6 - 1 - 5 -10 - 8 - 9
random tempat : 7 posisi : 6 2 - 8 - 3 - 4 - 5 - 10 - 6 - 7 - 1 - 9
random tempat : 3 posisi : 3 2 - 7 - 1 - 3 - 5 - 10 - 4 - 8 - 6 - 9
random tempat : 4 posisi : 2 2 - 3 - 4 - 6 - 1 - 5 - 8 - 7 - 10 - 9
random tempat : 3 posisi : 7 2 - 7 - 10 - 5 - 1 - 8 - 3 - 6 - 4 - 9
random tempat : 4 posisi : 4 2 - 5 - 3 - 4 -10 - 7 - 8 - 6 - 1 - 9
random tempat : 7 posisi : 4 2 - 8 -10 - 5 - 7 - 1 - 4 - 3 - 6 - 9
random tempat : 4 posisi : 7 2 - 10 - 1 - 6 - 4 - 5 - 3 - 8 - 7 - 9
random tempat : 5 posisi : 6 2 - 1 - 10 - 4 - 3 - 5 - 7 - 8 - 6 - 9
random tempat : 7 posisi : 8 2 - 5 - 8 - 3 - 1 - 4 - 6 - 10 - 7 - 9
random tempat : 3 posisi : 6 2 - 6 - 7 - 1 - 3 - 5 - 10 - 8 - 4 - 9
random tempat : 3 posisi : 9 2 - 6 - 3 - 1 - 8 - 4 - 7 - 10 - 5 - 9

Hasil akhir yang didapat dengan menggunakan algoritma genetik adalah sebagai berikut :

Lintasan Terpilih = 2 --> 3 --> 6 --> 5 --> 1 --> 4 --> 7 --> 10 --> 8 --> 9
Waktu Pelaksanaan = 2 + 2 + 3 + 2 + 2 + 3 + 3 + 2 + 2 = 21
Pada Iterasi Ke = 810.

IV. KESIMPULAN

1. Penjadwalan tentang network diagram (jaringan kerja) dalam menentukan jalur kritis dengan menggunakan metode (pert-cpm) dapat memberikan informasi tentang jalur kritis dan waktu kegiatan.
2. Kegiatan, pendahulu dan durasi pada metode (pert-cpm) berpengaruh terhadap proses untuk menghasilkan informasi jalur kritis dan waktu pelaksanaan.
3. Pendistribusian bahan bangunan dengan menggunakan Algoritma Genetik, dapat memberikan informasi tentang jumlah tempat yang akan didistribusikan, Jalur mana saja yang terpilih dan waktu pelaksanaan

4. pop size (ukuran populasi) yang nilainya besar, hasil yang didapat oleh algoritma genetik akan lebih baik daripada pop size (ukuran populasi) yang nilainya kecil.
5. Iterasi yang nilainya besar, hasil yang didapat oleh algoritma genetik akan lebih baik daripada Iterasi yang nilainya kecil. Tetapi algoritma genetik membutuhkan waktu yang lama jika nilai iterasinya besar, karena dalam prosesnya algoritma ini melakukan proses penggenerasian

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Gen, Mitsuo, dan Runwey Cheng, 1997, *Genetic Algorithms and Engineering design*, John Wiley & Sons, New York.
2. Goldberg, David E, 1989, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, addision Wesley Publishing, New York.
3. Dimyati, Tjutju T, dan Ahmad Dimyati, 2002, *Operations Research*, Sinar Baru Algensindo, Bandung.
4. Pranata, Anthony, 2003, *Pemrograman Borland Delphi 6*, Andi Yogyakarta, Yogyakarta.