

## **PENERAPAN PROGRAM DINAMIS PROBABILISTIK PADA PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI JEMBATAN**

***Lila Ayu Ratna Winanda***

Dosen Program Studi Teknik Sipil FTSP ITN Malang

### **ABSTRAKSI**

*Proyek konstruksi merupakan proyek yang sangat unik, dimana dalam setiap pelaksanaannya tidak pernah berulang meskipun untuk tipe dan jenis konstruksi yang sama, mengingat dalam pengelolaan suatu proyek mengacu pada tujuan tepat waktu, biaya, dan mutu. Berdasar pada tujuan tepat waktu, maka masalah penjadwalan menjadi perhatian dalam pengelolaan proyek konstruksi.*

*Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus dengan jenis penelitian kualitatif deskriptif. Metode pengolahan data yang digunakan adalah metode analisis. Program dinamis diterapkan dengan cara menentukan jalur optimum yang terdapat dalam network flowchart suatu masalah, kemudian dilanjutkan dengan prosedur perhitungan yang didasarkan pada prinsip optimisasi recursive (bersifat pengulangan) yang diketahui sebagai prinsip optimalisasi (principle of optimality). Persamaan untuk kebijakan optimal disebut sebagai recursive equation. Dari hasil perhitungan recursive equation didapat Jalur paling lama (jalur kritis) jumlah hari kegiatannya yaitu: S (Start) -> 1a -> 3a1 -> 3b1 -> 3c -> 3d -> 3e1 -> 3f1 -> 3g1 -> 3h1 -> 3i1 -> 3j1 -> 3k1 -> 3l1 -> 3m1 -> 3n1 -> End dengan total 185 hari, dimana perlu perhatian agar tidak mengalami keterlambatan serta jalur kerja optimum yang memiliki nilai range terbesar yaitu: S (Start), 1a., 2a1., 2b1., 2c1., 2d1., 2e1., 2f1., 2g1., 2h., End yang menyebabkan suatu aktivitas mengalami keterlambatan dan harus dipercepat guna mengejar waktu jadwal.*

**Kata Kunci:** Pendjawalan, Pemrograman Dinamis, Jalur Kritis.

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan pembangunan proyek konstruksi saat ini, masalah perencanaan penjadwalan masih menjadi kendala yang utama dalam pelaksanaan proyek, dimana banyak faktor yang mempengaruhi keterlambatan penyelesaian proyek konstruksi. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengatasi masalah keterlambatan penyelesaian proyek, antara lain dengan penggunaan program dinamis dalam upaya

mempermudah proses evaluasi setiap tahap pekerjaan, baik dalam perencanaan maupun pelaksanaannya.

Setiap aktivitas dalam suatu jaringan kerja pelaksanaan proyek mempunyai kemungkinan atau probabilitas mencapai tepat waktu (sesuai dengan jadwal) dengan penerapan teknik optimasi dari *operation research*, diantaranya yang telah dikenal adalah program linear (*linear programming*), dimana teori tersebut dipergunakan untuk menyelesaikan suatu masalah yang sifatnya statis (terjadi suatu saat tertentu, tidak ada unsur periode waktu). Apabila suatu masalah optimasi bersifat dinamis dan fungsi tujuannya tidak linier, serta ada suatu sebaran probabilitas tentang keadaan mendatang, maka dapat diselesaikan dengan program dinamis probabilistik, yaitu suatu teknik matematis yang digunakan untuk mengambil keputusan, terdiri dari banyak tahapan aktivitas dan terdapat sebaran probabilitas tentang aktivitas tersebut.

### **Pemrograman Dinamis**

Pemrograman dinamis merupakan prosedur matematis yang terutama dirancang untuk memperbaiki efisiensi perhitungan masalah pemrograman matematis tertentu dengan menguraikannya menjadi bagian-bagian masalah yang lebih kecil, sehingga lebih kecil dan lebih sederhana dalam perhitungannya. Pemrograman dinamis pada umumnya menjawab masalah dalam suatu tahapan dengan setiap tahap meliputi tepat satu variabel optimisasi. Perhitungan pada tahap yang berbeda dihubungkan melalui perhitungan rekursif dengan cara menghasilkan pemecahan optimal yang mungkin bagi seluruh masalah. Teori utama dalam pemrograman dinamis adalah prinsip optimalisasi. Prinsip itu pada dasarnya menentukan bagaimana suatu masalah yang diuraikan dengan benar dapat dijawab dalam setiap tahap (bukannya sebagai suatu kesatuan) melalui pemakaian perhitungan rekursif (Taha, 1996).

Menurut Hiller dan Lieberman (1990) dijelaskan bahwa salah satu karakteristik dari pemrograman dinamis adalah adanya prosedur penyelesaian yang dirancang untuk menemukan suatu kebijakan optimal bagi keseluruhan masalah, yaitu pemberian keputusan kebijakan optimal pada setiap tahap untuk setiap kemungkinan keadaan.

Karakteristik dasar yang mencirikan masalah pemrograman dinamis adalah sebagai berikut (Gunawan, Mulia, 1990):

1. Permasalahan dapat dibagi dalam tahap-tahap (misal: waktu, bulan, hari, dan lain-lain).
2. Setiap tahap memiliki sejumlah keadaan (*states*) yang bersesuaian. Keadaan yang bersesuaian adalah berbagai kondisi yang mungkin, dimana sistem berada pada tahap tertentu dari keseluruhan permasalahan.
3. Pengaruh keputusan kebijakan pada setiap tahap adalah untuk merubah keadaan sekarang menjadi keadaan yang berkaitan

dengan keadaan berikutnya. Dengan demikian, keputusan pada suatu tahap akan berpengaruh terhadap keputusan tahap berikutnya.

4. Prosedur penyelesaian dirancang untuk menemukan suatu kebijakan optimal untuk kesekuruhan masalah, yaitu dengan mendapatkan keputusan kebijakan optimal pada setiap tahap untuk setiap keadaan. Untuk setiap masalah program dinamis menyediakan keputusan kebijakan tertentu yang diambil setelah mencapai keadaan tertentu pada tahap tertentu sehingga dapat memberikan penyelesaian optimal (urutan keputusan optimal).
5. Pengetahuan tentang keadaan sistem sekarang yang membawa semua informasi tentang tingkah laku sebelumnya menjadi perlu untuk menentukan kebijakan optimal.
6. Prosedur penyelesaian dimulai dengan menemukan kebijakan optimal untuk tahap terakhir, sehingga dapat memberikan keputusan kebijakan optimal untuk setiap keadaan.
7. Terdapat hubungan rekursif, prosedur penyelesaian bergerak mundur tahap demi tahap dan setiap kali menemukan kebijakan optimal untuk tahap tersebut serta sampai ditemukan kebijakan optimal yang dimulai dari tahap awal. Dengan catatan bahwa kebanyakan masalah berhubungan dengan periode waktu, maka prosedur seleksi bergerak mundur tahap demi tahap.

### **Jalur Optimum dan Range**

Pelaksanaan proyek konstruksi dipecah menjadi kegiatan-kegiatan yang membentuk jaringan kerja atau jalur kerja, dimana dalam setiap kegiatan dapat diidentifikasi durasi kegiatan maupun penggunaan sumberdayanya. Tujuan dimunculkannya jalur kerja adalah terpilihnya jalur yang paling aman dengan durasi waktu paling cepat untuk sampai akhir proyek yang disebut jalur optimum atau the *shortest route* dengan meminimumkan periode waktu serta dapat diketahui juga jalur yang paling tidak aman (banyak makan waktu) dengan durasi waktu paling lama untuk sampai akhir proyek.

Salah satu pendekatan yang mungkin untuk memecahkan masalah pemilihan jalur optimum adalah menggunakan teknik coba-coba (Subagyo dkk, 1997). Tahapan selanjutnya tergantung pada ketetapan tahap permulaan tanpa menghiraukan bagaimana diperoleh suatu ketetapan tertentu tersebut. Persamaan kebijakan optimasi dinyatakan sebagai berikut:

Untuk minimum:

$$f_n(C) = \min \{ C_i, j + f_j(C) \}$$

Untuk maksimum:

$$f_n(C) = \max \{ C_i, j + f_j(C) \}$$

dimana:

$f_n(C)$  = nilai total minimum/maksimum yang dihubungkan dengan jalur optimum dalam *network*.

$C_{i,j}$  = durasi waktu yang terlibat dalam pergerakan dari lingkaran ke  $i$  pada tahap tertentu ke lingkaran  $j$  dalam tahap berikutnya.

$f_j(C)$  = durasi waktu yang terlibat dalam pergerakan dari lingkaran  $j$  dalam satu tahap lingkaran terakhir

Persamaan ini disebut *recursive equation*, dimana penyelesaian atau pemecahan masalah program dinamis ini dapat ditampilkan dengan persamaan maupun tabel. Pada jalur yang mempunyai probabilitas, untuk mendapatkan jalur optimum setiap aktivitas, maka dipakai rumus:

$$P(A \text{ dan } B) = P(A) P(B)$$

Dimana:

$P(A \text{ dan } B)$  = probabilitas penyelesaian optimal

$P(A)$  = probabilitas aktivitas pada tahap ini

$P(B)$  = probabilitas aktivitas yang sudah dilewati

Dengan menggunakan perhitungan tersebut di atas, maka dapat diperoleh probabilitas paling besar pada jalur tertentu dan probabilitas paling kecil pada jalur tertentu juga. Selisih antara probabilitas terbesar dengan terkecil untuk tiap jalur tertentu disebut sebagai *range*, dimana apabila diperoleh nilai *range* nol (0) berarti tidak pasti/tidak tentu. (Djarwanto, 2001)

### Aktivitas Kritis

Jalur kritis adalah jalur kerja yang mendapat perhatian dalam pelaksanaan proyek karena jalur ini berisi aktivitas-aktivitas yang tidak boleh terlambat. Berdasarkan waktu perencanaan dan realisasi serta penyimpangan/toleransi pada aktivitas tersebut dapat dicari tingkat kepercayaan (%) keberhasilan penyelesaian tepat/sesuai jadwal rencana. Dalam suatu jalur kerja apabila ditemui adanya aktivitas yang mempunyai tingkat kepercayaan paling kecil/rendah, maka aktivitas tersebut dinamakan aktivitas kritis, sesuai dengan perumusan berikut ini:

$$\left( \frac{x - \mu}{\square} \right) = P (\%)$$

dimana:

$P$  = Nilai Presentase (%)

$X$  = Jumlah Hari pada waktu perencanaan

$\mu$  = Jumlah hari pada waktu kenyataan di lapangan

$\square$  = Toleransi

### METODE PENELITIAN

Pembahasan dalam penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif yang bertujuan memberikan gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fenomena yang diselidiki. Penelitian ini dilakukan

dengan cara mendeskripsikan masalah dan keadaan sebagaimana adanya, sehingga merupakan pengungkapan fakta-fakta yang ada dengan mengambil obyek kajian Pembangunan Jembatan Wae Sariputih Seram Utara.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh langsung dari lokasi proyek dengan cara meminta keterangan dan penjelasan langsung kepada pihak yang berhubungan dengan masalah yang hendak diteliti serta data sekunder yang mendukung. Teknik pengumpulan data dengan melakukan survey pendahuluan, wawancara, dan studi pustaka terkait.

Teknik analisis yang digunakan adalah analisis terhadap jadwal rencana pelaksanaan proyek yang diidentifikasi dan berkaitan dengan penjadwalan proyek, dimana pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program dinamis probabilistik sebagai upaya optimalisasi penjadwalan yang ada guna memberikan suatu pemikiran yang logis dalam mencari pemecahan masalah.

Tahapan pengolahan data menggunakan program dinamis probabilistik, yaitu:

1. Membuat daftar jadwal rencana proyek
2. Menentukan jalur kerja optimum
3. Membuat tabel probabilitas dan beban pengaruh aktivitas
4. Membuat jadwal rencana jalur kerja
5. Menghitung nilai *range*
6. Menentukan jalur kritis dan aktivitas Kritis
7. Menghitung jalur kerja optimum
8. Analisis peluang (probabilitas)

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

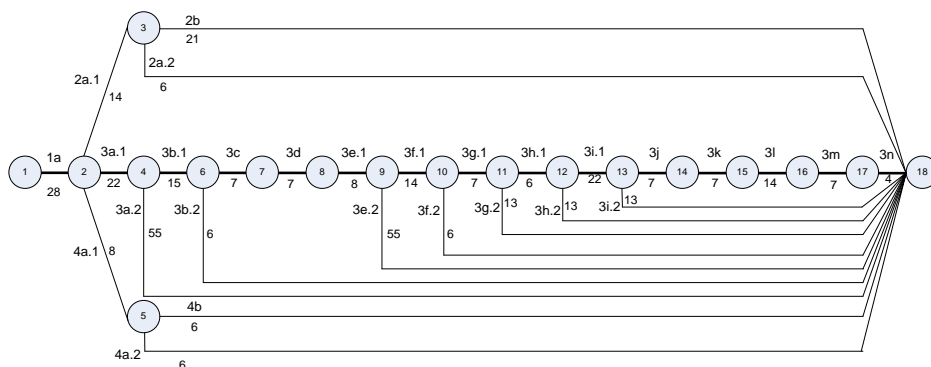
Tahap awal pembahasan penelitian ini adalah identifikasi kegiatan yang dilakukan serta durasi kegiatan pada pembangunan Jembatan Wae Sariputih, dimana selengkapnya tercantum dalam tabel 1.

**Tabel 1.**  
**Breakdown Kegiatan dan Durasi**

No.	Aktivitas	Durasi (hari)
1	Mobilisasi	28
		10
2	Pekerjaan Tanah	
	2a Galian Struktur	20
	2b Timbunan Biasa	21

No.	Aktivitas	Durasi (hari)
3	Pekerjaan Struktur	
3a	Pekerjaan Beton Struktur (K-250)	77
3b	Pekerjaan Beton (K-175)	21
3c	Pekerjaan Beton Siklop K-175	7
3d	Pekerjaan Beton (K-175)	7
3e	Pekerjaan Baja	63
3f	Penyediaan Dinding Sumuran	20
3g	Penurunan Dinding Sumuran	20
3h	Pekerjaan Pasangan Batu	19
3i	Pekerjaan Plesteran	35
3j	Ekspansi Joint	7
3k	Peletakan Elastomer	7
3l	Pekerjaan sandaran Jembatan Baja	14
3m	Pekerjaan Pipa Drainase	7
3n	Pekerjaan Pengecetan	4
4	Pekerjaan Minor	
4a	Pekerjaan Patok Pengarah Tipe	14
4b	Pekerjaan Papan Nama jembatan	6

Selanjutnya dianalisis jalur kerja aktivitas, sehingga diperoleh 14 macam jalur yang dimulai dari **Start (S)** yaitu pekerjaan persiapan bagian awal (1a) sampai **End (E)** yaitu akhir pekerjaan struktur, sebagaimana yang digambarkan dalam *network diagram* pada Gambar 1. Setiap aktivitas mempunyai angka-angka yang menunjukkan waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan aktivitas dan probabilitas dari masing-masing aktivitas tersebut. Dengan pembuatan jalur kerja dapat diperoleh toleransi waktu serta jalur kritis dari masing-masing aktivitas.



**Gambar 1.**  
**Network Diagram**

Setelah *network diagram* terbentuk, selanjutnya dapat dianalisis jalur optimum dari aktivitas yang ada dengan *Recursive Equation*, dimana dalam analisis dibagi menjadi dua, yaitu persamaan optimasi maksimal dan persamaan optimasi minimal.

Perhitungan optimasi maksimal dimulai dari *stage* terakhir, yaitu *Stage 14* dan pemilihan jalur ditentukan pada jalur yang paling maksimal.

Stage 14	$f_{17}(c) = \max C_{17,18}$	$= 4$	
Stage 13	$f_{16}(c) = \max C_{16,17} + f_{17}$	$= 7+4$	$= 11$
Stage 12	$f_{15}(c) = \max C_{15,16} + f_{16}$	$= 14+11$	$= 25$
Stage 11	$f_{14}(c) = \max C_{14,15} + f_{15}$	$= 7+25$	$= 32$
Stage 10	$f_{13}(c) = \max$	$\begin{cases} C_{13,18} & = 13 \\ C_{13,14} + f_{14} & = 7+32 \end{cases}$	$= 39$
Stage 9	$f_{12}(c) = \max$	$\begin{cases} C_{12,18} & = 13 \\ C_{12,13} + f_{13} & = 22+39 \end{cases}$	$= 61$
Stage 8	$f_{11}(c) = \max$	$\begin{cases} C_{11,18} & = 13 \\ C_{11,12} + f_{12} & = 6+61 \end{cases}$	$= 67$
Stage 7	$f_{10}(c) = \max$	$\begin{cases} C_{10,18} & = 6 \\ C_{10,11} + f_{11} & = 7+67 \end{cases}$	$= 74$
Stage 6	$f_9(c) = \max$	$\begin{cases} C_{9,18} & = 55 \\ C_{9,10} + f_{10} & = 14+74 \end{cases}$	$= 88$
Stage 5	$f_8(c) = \max$	$C_{8,9} + f_9 = 8+88$	$= 96$
Stage 4	$f_7(c) = \max$	$C_{7,8} + f_8 = 7+96$	$= 61$
Stage 3	$f_6(c) = \max$	$\begin{cases} C_{6,18} & = 6 \\ C_{6,7} + f_7 & = 7+113 \end{cases}$	$= 120$
Stage 2	$f_5(c) = \max$	$\begin{cases} C_{5,18} & = 6 \\ C_{5,18} & = 6 \end{cases}$	
	$f_4(c) = \max$	$\begin{cases} C_{4,18} & = 55 \\ C_{4,6} + f_6 & = 15+120 \end{cases}$	$= 135$
	$f_3(c) = \max$	$\begin{cases} C_{3,18} & = 21 \\ C_{3,18} & = 6 \end{cases}$	
Stage 1	$f_2(c) = \max$	$\begin{cases} C_{2,3} + f_3 & = 14+21 \\ C_{2,4} + f_4 & = 22+135 \\ C_{2,5} + f_5 & = 8+6 \end{cases}$	$= 35$ $= 157$ $= 14$
Stage 0	$f_1(c) = \max$	$C_{1,2} + f_2 = 28+157$	$= 185$

Pada perhitungan optimasi maksimal tersebut diperoleh jalur paling maksimal, yaitu 185 hari.

Perhitungan optimasi minimal sama dengan optimasi maksimal, yaitu dimulai dari stage terakhir (*Stage 14*), akan tetapi pemilihan jalur ditentukan pada jalur yang paling minimal.

Stage 14	$f_{17}(c) = \min C_{17,18}$	$= 4$	
Stage 13	$f_{16}(c) = \min C_{16,17} + f_{17}$	$= 7+4$	$= 11$
Stage 12	$f_{15}(c) = \min C_{15,16} + f_{16}$	$= 14+11$	$= 25$
Stage 11	$f_{14}(c) = \min C_{14,15} + f_{15}$	$= 7+25$	$= 32$
Stage 10	$f_{13}(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{13,18} \\ C_{13,14} + f_{14} \end{array} \right.$	$= 13$ $= 7+32$	$= 39$
Stage 9	$f_{12}(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{12,18} \\ C_{12,13} + f_{13} \end{array} \right.$	$= 13$ $= 22+13$	$= 35$
Stage 8	$f_{11}(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{11,18} \\ C_{11,12} + f_{12} \end{array} \right.$	$= 13$ $= 6+13$	$= 19$
Stage 7	$f_{10}(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{10,18} \\ C_{10,11} + f_{11} \end{array} \right.$	$= 6$ $= 7+13$	$= 20$
Stage 6	$f_9(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{9,18} \\ C_{9,10} + f_{10} \end{array} \right.$	$= 55$ $= 14+6$	$= 20$
Stage 5	$f_8(c) = \min C_{8,9} + f_9$	$= 8+20$	$= 28$
Stage 4	$f_7(c) = \min C_{7,8} + f_8$	$= 7+28$	$= 35$
Stage 3	$f_6(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{6,18} \\ C_{6,7} + f_7 \end{array} \right.$	$= 6$ $= 7+35$	$= 42$
Stage 2	$f_5(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{5,18} \\ C_{5,18} \end{array} \right.$	$= 6$ $= 6$	
	$f_4(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{4,18} \\ C_{4,6} + f_6 \end{array} \right.$	$= 55$ $= 15+6$	$= 21$
	$f_3(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{3,18} \\ C_{3,18} \end{array} \right.$	$= 21$ $= 6$	
Stage 1	$f_2(c) = \min \left[ \begin{array}{l} C_{2,3} + f_3 \\ C_{2,4} + f_4 \\ C_{2,5} + f_5 \end{array} \right.$	$= 14+6$ $= 22+21$ $= 8+6$	$= 20$ $= 43$ $= 14$
Stage 0	$f_1(c) = \min C_{1,2} + f_2$	$= 28+14$	$= 42$

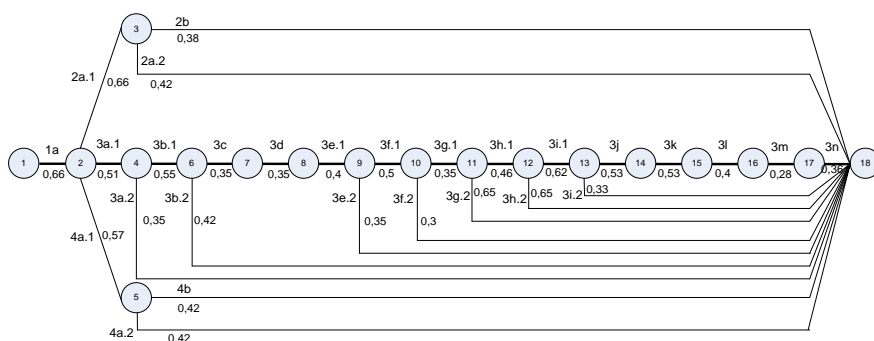
Pada perhitungan optimasi minimal diperoleh jalur paling maksimal, yaitu 42 hari.



Kemudian analisis dilanjutkan dengan penghitungan nilai probabilitas masing-masing kegiatan, dimana probabilitas menunjukkan persentase penyelesaian kegiatan terhadap jalur optimal. Nilai probabilitas ditentukan oleh rasio lama hari pada masing-masing kegiatan dengan jalur optimasi pada masing-masing *stage* dengan hasil selengkapnya sebagai berikut:

$$probabilitas = \frac{Lamahari}{jalur\_optimasi}$$

1. 1a = 28/42 = 0,66
2. 2a.1 = 14/20 = 0,66
3. 2a.2 = 6/14 = 0,42
4. 2b = 21/55 = 0,38
5. 3a.1 = 22/4 = 0,51
6. 3a.2 = 55/157 = 0,35
7. 3b.1 = 15/27 = 0,55
8. 3b.2 = 6/14 = 0,42
9. 3c = 7/20 = 0,35
10. 3d = 7/20 = 0,35
11. 3e.1 = 8/20 = 0,4
12. 3f.1 = 14/28 = 0,5
13. 3f.2 = 6/20 = 0,3
14. 3g.1 = 7/20 = 0,35
15. 3g.2 = 13/20 = 0,62
16. 3h.1 = 6/13 = 0,46
17. 3h.2 = 13/20 = 0,65
18. 3i.1 = 22/35 = 0,62
19. 3i.2 = 13/39 = 0,33
20. 3j = 7/13 = 0,53
21. 3k = 7/13 = 0,53
22. 3l = 14/32 = 0,4
23. 3m = 7/25 = 0,28
24. 3n = 4/11 = 0,36
25. 4a.1 = 8/14 = 0,57
26. 4a.2 = 6/14 = 0,42
27. 4b = 6/14 = 0,42



**Gambar 2.**  
**Network Diagram dengan Satuan Probabilitas**

Dari *network diagram* dalam Gambar 2 dapat dihasilkan duabelas jalur aktivitas dari pengerjaan proyek pembangunan jembatan yang dilengkapi dengan nilai probabilitasnya, sebagaimana tampak dalam Tabel 2.

**Tabel 2.**  
**Probabilitas Tiap Jalur Aktivitas**

No	Jumlah Aktivitas	Jalur Aktivitas	Nilai Probabilitas
1	4	S - 1a - 2a1 - 2b	0,165
2	4	S - 1a - 2a1 - 2a2	0,182
3	4	S - 1a - 3a1 - 3a2	0,117
4	5	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3b2	0,077
5	8	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3e2	3,17E-03
6	9	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3f2	1,36E-03
7	10	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3g1 - 3g2	1,03E-03
8	11	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3g1 - 3h1 - 3h2	4,75E-04
9	12	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3g1 - 3h1 - 3i1 - 3i2	1,49E-04
10	16	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3g1 - 3h1 - 3i1 - 3j1 - 3k1 - 3l1 - 3m1 - 3n1	5,13E-06
11	4	S - 1a - 4a1 - 4a2	0,158
12	4	S - 1a - 4a1 - 4b	0,158

Berdasarkan hasil tiap jalur dapat diperoleh probabilitas terbesar dan terkecil, sehingga didapatkan nilai *range*, dimana dengan nilai *range* dapat diperoleh jalur kritis aktivitas. Hasil selengkapnya tercantum dalam Tabel 3.

**Tabel 3.**  
**Range Probabilitas**

No	Jumlah Aktivitas	Jalur Aktivitas	Besar	Kecil	Range
1	4	S - 1a - 2a1 - 2b	0,66	0,38	0,28
2	4	S - 1a - 2a1 - 2a2	0,66	0,42	0,24
3	4	S - 1a - 3a1 - 3a2	0,66	0,35	0,31
4	5	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3b2	0,66	0,42	0,24
5	8	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3e2	0,66	0,35	0,31
6	9	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3f2	0,66	0,3	0,36
7	10	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3g1 - 3g2	0,66	0,35	0,31
8	11	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3g1 - 3h1 - 3h2	0,66	0,35	0,31
9	12	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3g1 - 3h1 - 3i1 - 3i2	0,66	0,33	0,33
10	16	S - 1a - 3a1 - 3b1 - 3c - 3d - 3e1 - 3f1 - 3g1 - 3h1 - 3i1 - 3j1 - 3k1 - 3l1 - 3m1 - 3n1	0,66	0,28	0,38
11	4	S - 1a - 4a1 - 4a2	0,66	0,42	0,24
12	4	S - 1a - 4a1 - 4b	0,66	0,42	0,24

Dari perhitungan *recursive equation* dapat dilihat bahwa jaringan kerja yang mempunyai jalur paling lama (jalur kritis) jumlah hari kegiatannya, yaitu: **S (Start) -> 1a -> 3a1 -> 3b1 -> 3c -> 3d -> 3e1 -> 3f1 -> 3g1 -> 3h1 -> 3i1 -> 3j1 -> 3k1 -> 3l1 -> 3m1 -> 3n1 -> E (End)** dengan total 185 hari; sedangkan untuk jalur paling cepat jumlah hari kegiatannya, yaitu: **S (Start) -> 1a -> 2a1 -> 2a2 -> E (End)** dengan total 42 hari. Kemudian, jaringan kerja, apabila dilihat dari nilai probabilitasnya, mempunyai jalur probabilitas yang paling kecil berhasil, yaitu: **S (Start) -> 1a -> 3a1 -> 3b1 -> 3c -> 3d -> 3e1 -> 3f1 -> 3g1 -> 3h1 -> 3i1 -> 3j1 -> 3k1 -> 3l1 -> 3m1 -> 3n1 -> E (End)** dengan jumlah hari 185 dan nilai probabilitasnya 5,13E-06; sedangkan jalur yang mempunyai nilai probabilitasnya paling besar, yaitu: **S (Start) -> 1a -> 2a1 -> 2a2 -> E (End)** dengan jumlah hari 42 dan nilai probabilitasnya 0,182. Jaringan kerja juga mempunyai jalur yang memperlihatkan nilai *range* yang terbesar, yaitu 0,38 dengan nilai probabilitas terbesar 0,66 dan nilai probabilitas terkecil 0,28, yakni: **S (Start) -> 1a -> 3a1 -> 3b1 -> 3c -> 3d -> 3e1 -> 3f1 -> 3g1 -> 3h1 -> 3i1 -> 3j1 -> 3k1 -> 3l1 -> 3m1 -> 3n1 -> E (End)**. Untuk jalur yang mempunyai nilai *range* terkecil adalah 0,24 dengan nilai probabilitas terbesar 0,66 dan nilai probabilitas terkecil 0,42 mempunyai jalur, yaitu: **S (Start) -> 1a -> 2a1 -> 2a2 -> E (End)**.

Untuk jalur yang mempunyai *range* terbesar, maka akan terjadi perbedaan yang menonjol, sehingga menyebabkan suatu aktivitas mengalami keterlambatan yang parah. Untuk itu, pada aktivitas berikutnya harus disebut guna mengejar waktu jadwal, sehingga sasaran atau target

akan sulit tercapai pada jalur tersebut. Sebaliknya, untuk jalur mempunyai *range* terkecil, maka target atau sasaran akan mudah tercapai.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Jalur paling lama (jalur kritis) jumlah hari kegiatannya yaitu: **S (Start) -> 1a -> 3a1 -> 3b1 -> 3c -> 3d -> 3e1 -> 3f1 -> 3g1 -> 3h1 -> 3i1 -> 3j1 -> 3k1 -> 3l1 -> 3m1 -> 3n1 -> E (End)** dengan total 185 hari.
2. Jalur kerja optimum yang memiliki nilai *range* yang terbesar yaitu 0,144 dengan nilai probabilitas terbesar 0,66 dan nilai probabilitas terkecil 0,516 (**S(Start), 1a., 2a1., 2b1., 2c1., 2d1., 2e1., 2f1., 2g1., 2h., End**) menyebabkan suatu aktivitas mengalami keterlambatan dan harus dikebut guna mengejar waktu jadwal.

### Saran

1. Penerapan program dinamis probabilitik ini dapat digunakan untuk mengevaluasi penjadwalan, namun mungkin dapat ditinjau perbandingannya dengan metode lain.
2. Pada penelitian lanjutan dapat dilakukan kajian serupa dengan unsur proyek yang lebih kompleks atau pengembangan menjadi model simulasi bagi penjadwalan proyek konstruksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 1990. *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Djarwanto Ps. 2001. *Mengenal Beberapa Uji Statistik Dalam Penelitian*. Yogyakarta: Liberty.
- Indriantoro, Nur dan Bambang Supono. 1999. *Metodologi Penelitian Bisnis*. Yogyakarta: BPFE.
- Mulyono, Sri. 1991. *Operations Research*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Subagyo, dkk. 1999. *Dasar-Dasar Operations Research*. Yogyakarta: BPFE.
- Taha, Hamdan A. 1996. *Riset Operasi: Suatu Pengantar* (Terjemahan). Jakarta: Binarupa Aksara.
- Hillier, Frederick S dan Gerald J. Lieberman. 1990. *Pengantar Riset Operasi* (Terjemahan). Jakarta: Erlangga.