

PENJADWALAN PROYEK DENGAN PENERAPAN SIMULASI MONTE CARLO PADA METODE *PROGRAM EVALUATION REVIEW AND TECHNIQUE (PERT)*

Widya Nurul Shofa, Irwan Soejanto, Trismi Ristyowati

Program Studi Teknik Industri Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Industri

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jl. Babarsari 2 Tambakbayan, Yogyakarta, 55281

Telp. (0274) 485363 Fak : (0274) 486256

ABSTRACT

PT At Taqwa Sejahtera has implemented of residential development that duration about 152 day. Due to delay in the supply of primary raw materials, the processing time getting longer or not accordance to planning schedule on October 27, 2017. The project delay have impact on the company which will given punishment.

The aim of this study research to the evaluate the project implementation schedule and project scheduling for more optimal time, with the best probability, and minimize the influence of the causes of delays to the project completion time. Project scheduling processing is done by using Program Evaluation Review and Technique (PERT) and implementation with Monte Carlo simulation using Ms Excel software.

Based on data processing, the calculation of the project point accelerated time to 147 days with cost Rp 417.315.909,25 and probability of 63%, whereas with the application of Monte Carlo simulus the average conviction rate is at 156 days with cost Rp 402,310,654.25 and probability of 94%.

Keywords :*The residential project, Project scheduling, Evaluation Review and Technique (PERT), Monte Carlo simulation.*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan pada era sekarang merupakan salah satu hal utama untuk menunjang keberlangsungan kehidupan masyarakat. Setiap tahunnya pembangunan selalu dilakukan dari berbagai sektor, dan terus meningkat sebagai pembaharuan dan penambahan infrastruktur penunjang kebutuhan masyarakat. Salah satu pembangunan infrastruktur yang terus berlangsung dari tahun ketahun yaitu pembangunan sebuah hunian baru, dimana hunian tersebut dibuat dan dirancang sesuai dengan keadaan daerah sekitar. Pada pembangunan Perumahan Griya Amanah Asri II Kendal, Tipe 36/80 di Jl. Halmahera III No. 11 Semarang, salah satu penunjang infrastruktur untuk masyarakat yang menginginkan hunian di daerah tersebut. Pada proses yang telah berjalan selama 26% terjadi keterlambatan selama 12 hari yang disebabkan oleh terlambatnya pasokan bahan baku utama

di tempat pembangunan, dan berdampak pada mundurnya jadwal pengerjaan proyek. Apabila keterlambatan tidak ditangani berakibat pada biaya *penalty* yang harus dikeluarkan kontraktor kepada pemilik perumahan. Untuk itu percepatan waktu penyelesaian dilakukan menggunakan metode *Program Evaluation Review and Technique (PERT)*, metode tersebut digunakan karena berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya yang bersifat probabilistik / tidak pasti, dan penerapan dengan metode Simulai Monte Carlo digunakan untuk mengetahui nilai tingkat keyakinan dari hasil percepatan waktu penjadwalan proyek sebelumnya. Dari hasil ini diharapkan dapat menjadi acuan supaya pengerjaan proyek dapat berjalan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

1. Definisi Proyek

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk

(*deliverable*) yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 2002).

2. Manajemen Proyek

Menurut Kerzner (2006) Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya

perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hierarki (arus kegiatan) vertical maupun horizontal.

3. Program Evaluation Review and Technique (PERT)

Menurut Soeharto (2002) PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), atau memakai tiga angka estimasi. Metode PERT lebih mengorientasikan pada peristiwa yang terjadi, berbeda dengan CPM yang berorientasi pada kegiatannya. Pada PERT kurun waktu proyek selesai dan waktu proses bersifat tidak pasti (probabilistik).

4. Slope Biaya

Slope Biaya menyatakan berapa besar berubahnya biaya bila suatu aktivitas dipercepat atau diperlambat. Kemiringan slope biaya akan bertambah bila aktivitas dipercepat penyelesaiannya dengan ongkos perwaktunya lebih mahal.

5. TPD dan TDT Proyek

Titik Proyek Dipersingkat (TPD) atau *project crash-point* merupakan batas maksimum waktu proyek dapat dipersingkat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Obyek yang digunakan yaitu proyek pembuatan Perumahan Griya Amanah Asri II Kendal, Tipe 36/80 sebanyak 4 (empat) unit di Jl. Halmahera III No. 11 Semarang. Durasi proyek direncanakan berlangsung selama 6 (enam) bulan yang dimulai pada 19 April 2017 sampai dengan 27 Oktober 2017. tahap pengerjaan telah berjalan selama 48 hari dengan presentase 26%, dan presentase pembangunan belum terlaksana sebesar 74%. Keterlambatan proyek berada pada pengerjaan konstruksi beton selama 12 hari, dari rencana awal selama 152 hari.

nilai probabilitas dari hasil percepatan waktu tersebut. Langkah-langkah pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat waktu penyelesaian proyek aktual menggunakan metode *Program Evaluation Review and Technique*

Pada TPD ini mungkin masih terdapat beberapa kegiatan komponen proyek yang belum dipersingkat waktunya, dan bila ingin dipersingkat juga (berarti mempersingkat waktu semua kegiatan proyek secara teknis dapat dipersingkat), maka akan memiliki total biaya proyek tanpa mengurangi waktu. Titik tersebut dinamakan Titik Dipersingkat Total (TDT) atau *all crash-point*.

6. Simulasi Monte Carlo

Monte Carlo adalah simulasi tipe probabilitas yang mendekati solusi sebuah masalah dengan melakukan sampling dari proses acak. Monte Carlo melibatkan penetapan distribusi probabilitas dari sebuah variable yang dipelajari dan kemudian dilakukan pengambilan sampel acak dari distribusi untuk menghasilkan data. Ketika sistem terdapat elemen-elemen yang memperlihatkan perilaku yang cenderung tidak pasti atau probabilistik maka metode simulai Monte Carlo sapat diterapkan.

7. Histogram

Histogram merupakan kumpulan suatu data dan disajikan dalam bentuk tabel dan akan memberikan kemudahan dalam menginterpretasikannya dengan menggunakan data balok dan dapat diketahui bentuk dari suatu distribusi (Arifin, 2009).

Pengamatan pada penelitian ini dilakukan langsung terhadap proyek pembangunan diperumahan Griya Amanah Asri II Kendal, Semarang seperti data keterkaitan antar kegiatan proyek. serta pengamatan secara tidak langsung atau data telah tersedia di perusahaan seperti rancangan anggaran biaya, dan jadwal perencanaan proyek.

Pengolahan data merupakan tahap selanjutnya setelah melakukan pengamatan. Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan untuk menghitung angka percepatan waktu serta

(PERT). Langkah-langkahnya sebagai berikut.

- a. Mengelompokkan tiap-tiap aktivitas sesuai dengan urutan pengerjaannya, banyaknya aktivitas tiap sub pengerjaannya, serta hubungan antar kegiatan

- melalui data rancangan anggaran biaya (RAB) proyek.
- b. Membuat jaringan kerja (*network planning*) berdasarkan waktu aktual proyek.
 - c. Mencari jalur kritis dengan konsep te , dimana $slack = 0$.
 - d. Mencari nilai standard deviasi, yang hasilnya akan digunakan untuk menghitung waktu optimis dan waktu pesimis.
 - e. Menghitung nilai waktu optimis.
 - f. Menghitung nilai waktu pesimis
2. Menghitung waktu percepatan penjadwalan proyek menggunakan metode *Program Evaluation Review and Technique* (PERT). Langkah-langkahnya sebagai berikut.
 - a. Menghitung nilai ekspektasi waktu (waktu yang diharapkan).
 - b. Menentukan nilai variansi.
 - c. Menghitung lama percepatan waktu.
 - d. Menghitung nilai slope biaya dari tiap aktivitas berdasarkan percepatan waktu.
 - e. Mengurutkan nilai slope biaya, dari yang terkecil ke terbesar.
 - f. Membuat titik proyek dipercepat (TPD) berdasarkan urutan nilai slope biaya.
 - g. Membuat kurva biaya proyek berdasarkan nilai titik proyek dipercepat (TPD)
 - h. Menentukan nilai presentase kemungkinan proyek dapat selesai.
3. Melakukan tahapan simulasi Monte Carlo. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut.
 - a. Menghitung nilai deviasi standar dengan nilai waktu percepatan dan nilai waktu aktual menggunakan bantuan *software Microsoft excel*.
 - b. Menghitung nilai rata-rata data dengan nilai waktu percepatan dan nilai waktu aktual menggunakan bantuan *software Microsoft excel*.
 - c. Menghitung nilai *absolute error*.
 - d. Menentukan jumlah replikasi.
 - e. Membangkitkan angka bilangan random berdasarkan jumlah replikasi yang telah dihitung menggunakan bantuan *software Microsoft Excel*.
 - f. Melakukan pemeriksaan dengan membuat histogram pada data analysis menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* untuk mengetahui nilai probabilitas. Output pemeriksaan berupa grafik tingkat keyakinan.

3. PEMBAHASAN

1. Pengumpulan data

- a. Aktivitas pekerjaan dan hubungannya

Berikut merupakan Uraian pekerjaan dan kegiatan pekerjaan proyek dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterkaitan Kegiatan dan Waktu Kegiatan Perencanaan Awal

Kegiatan	Hari	Kegiatan Sebelumnya
A. Pondasi		
- Pekerjaan Persiapan		
1. Pembersihan Lapangan	4	-
2. Pasangan Bowlpank	2	1
3. Pengadaan Air Kerja	1	-
4. Gudang Semen dan Alat	7	3
- Pekerjaan Galian		
5. Galian Tanah	7	2
6. Urugan Kembali Galian Tanah	2	9
- Pekerjaan Pondasi Batu Kali		
7. Urugan Pasir Bawah Pondasi	1	5
8. Pasangan Pondasi Batu Kosong	3	7

Tabel 1. (Lanjutan)

Kegiatan	Hari	Kegiatan Sebelumnya
9. Pasangan Pondasi Batu Kali (1:3)	8	8
B. Pekerjaan Beton		
10. Pondasi Plat	5	8,9
11. Sloof 15 x 20	3	10
12. Kolom 15 x 15	7	11
13. Kolom 15 x 20	5	12
14. Kolom 20 x 30	8	13
15. Balok 15 x 20	3	13
16. Balok 30 x 35	8	15
17. Plat Beton	10	15,18
18. Ring Balok	4	12
19. Tangga Beton Bertulang	4	20
20. Beton Cor 1:2:3	1	14, 16
C. Pekerjaan Dinding		
21. Pasangan Dinding Batu Bata (1:4)	34	13
22. Pasangan Dinding Batu Bata (1:2)	5	21
23. Pasangan Kusen Pintu dan Jendela	6	12
D. Pekerjaan Kap dan Atap		
24. Pekerjaan Balok Dinding 8/12	2	19
25. Pekerjaan Kuda-Kuda kayu	4	24
26. Pekerjaan Rangka Atap	7	21
27. Papan Liplank 3/25	3	30
28. Pekerjaan Papan reuter 3/25	3	27
29. Pemasangan Gording Nog 8/12	14	36
30. Pemasangan Talang	2	32
31. Pemasangan Atap	4	26, 22
32. Pemasangan Perabung	1	31
E. Pekerjaan Plafon		
33. Rangka Plafon	12	30
34. Plafond Gypsum	17	28,33
35. Memasang Lis Plafond	2	34
F. Pekerjaan Plasteran		
36. Plasteran Dinding (1:2)	6	24
37. Plasteran Dinding (1:4)	40	25
38. Pasangan Dinding dan Porslin	6	37
39. Acian	12	38
G. Pekerjaan Lantai		
40. Urugan Pasir	1	29
41. Pasangan Lantai Kramik 40 x 40	29	40
42. Pasangan Lantai Kramik 20 x 20	2	41

Tabel 1. (Lanjutan)

Kegiatan	Hari	Kegiatan Sebelumnya
H. Pekerjaan Pintu dan Jendela		
43. Pintu	22	41
44. Jendela Kaca	22	41
45. Kaca Tebal 5 MM	1	47
46. Pasangan Engsel Pintu	5	33
47. Pasangan Kunci Tanam Antik	2	67

I. Pekerjaan Pengecatan		
48. Mendempul dan Menggosok Kayu	1	17
49. Mengecat Kayu Baru	8	48
50. Mengecat Tembok Baru	6	34
J. Pekerjaan Perlengkapan Dalam		
- Listrik		
51. Pasangan Lampu Pijar	2	55
52. Pemasangan Stop Kontak	1	55
53. Pemasangan Lampu TL	1	52
54. Pemasangan MCB	1	53
55. Pemasangan kabel Jaringan	4	31
56. Pitting Lampu	2	55
57. Pemasangan Sakelar	2	56
- Sanitasi dan Instalasi Air		
58. Pemasangan Kloset Jongkok	1	60
59. Pemasangan Kloset Duduk	2	60
60. Pemasangan Floor Draine	1	57,63
61. Bak Cuci Piring	1	58
62. Pemasangan Wastafel	1	58
63. Pemasangan Pem. Pipa Air Ø 3" Per M'	1	54
64. Pemasangan Pipa Air Ø 3/4" AW Per M'	1	54
65. Pemasangan Pipa Air Ø 1/2" AW Per M'	1	54
66. Pemasangan Kran Air Ø 3/4" atau 1/2"	1	54
K. Pekerjaan Perlengkapan Luar		
67. Saluran Keliling	9	35,50
68. Rabat Beton (1:2:3)	22	35
69. Bak Kontrol	1	68
70. Septictank	4	67,69
71. Resapan	1	61,62,70

(Sumber : PT At-Taqwa Sejahtera, 2017)

b. Jumlah tenaga kerja dan jam kerja.

Pada kegiatan proyek jumlah tenaga kerja sebanyak 12 orang per 1 (satu) unit rumah. Pada jam kerja setiap harinya dilakukan selama 8 jam dengan 8 jam waktu

efektif dan 1 jam istirahat. Jam kerja dimulai pukul 08.00 WIB – 17.00 WIB dan waktu istirahat pukul 12.00 WIB – 13.00 WIB. Hari kerja dilakukan setiap hari yaitu hari Senin sampai hari Minggu.

2. Pengolahan data

a. Rekap hasil perhitungan waktu proyek dan biaya proyek
Rekap hasil perhitungan waktu proyek dan biaya proyek berdasarkan

perhitungan titik proyek dipercepat (TPD) menggunakan slope biaya, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Rekap hasil perhitungan waktu proyek dan biaya proyek

No	Waktu Proyek	Biaya Proyek
1	164	Rp 400.907.306,25
2	163	Rp 401.906.261,25
3	163	Rp 401.072.912,25
4	160	Rp 402.310.654,25
5	160	Rp 401.745.102,25

6	160	Rp 400.907.306,25
7	158	Rp 404.395.502,25
8	152	Rp 401.345.002,25
9	151	Rp 401.795.402,25
10	147	Rp 408.407.114,25
11	147	Rp 417.315.909,25

Dari hasil perhitungan titik proyek dipercepat (TPD) dilanjutkan menghitung nilai probabilitas percepatan, didapatkan 63% berdasarkan tabel distribusi normal kumulatif z.

b. Hasil rekap simulasi monte carlo. Berikut merupakan hasil rekap dari hasil simulasi monte carlo setelah diketahui nilai probabilitas untuk masing-masing durasi, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Probabilitas Keberhasilan dengan Simulasi Monte Carlo

Durasi Pekerjaan (Hari)	Frekuensi	Probabilitas (%)
147	0	100
148	2	92
149	3	88
150	1	96
151	4	85
152	3	88
153	0	100
154	0	100
155	2	92
156	2	92
157	3	88
158	1	96
159	0	100
160	0	100
161	1	96
162	0	100

Tabel 3. (Lanjutan)

Durasi Pekerjaan (Hari)	Frekuensi	Probabilitas (%)
163	3	88
164	1	96

- Probabilitas Simulasi Monte Carlo

$$\begin{aligned} \text{Probabilitas rata-rata} &= \frac{\text{Probabilitas Durasi Pekerjaan}}{\text{Banyaknya Populasi Probabilitas}} \\ &= \frac{(100\% \times 6) + (92\% \times 3) + (88\% \times 4) + (96\% \times 4) + 85\%}{18} \end{aligned}$$

$$= 94\%$$

- Percepatan Waktu Simulasi Monte Carlo

$$\text{Percepatan rata-rata} = \frac{\text{Total Durasi Durasi Pekerjaan}}{\text{Banyaknya Pekerjaan}}$$

$$= \frac{147+148+149+150+151+152+153+154+155+156+157+158+159+160+161+162+163+164}{18}$$

$$= 156 \text{ hari}$$

- Biaya Percepatan Waktu Simulasi Monte Carlo
Biaya = biaya waktu normal + biaya waktu percepatan

$$= \text{Rp } 400.907.306,25 + \text{Rp } 1.403.348$$

$$= \text{Rp } 402.310.654,25$$

c. Analisis Hasil

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan titik proyek dipercepat (TPD) didapatkan waktu penyelesaian proyek selama 147 hari, dengan total slope biaya sebesar Rp 417.315.909,25. Kemudian pada perhitungan *Program Evaluation Review and Technique* (PERT), probabilitas yang dihasilkan untuk percepatan selama 147 hari sebesar 63%, dengan distribusi normal kumulatif Z. Sedangkan pengolahan data menggunakan simulasi Monte carlo didapatkan hasil percepatan waktu rata-rata selama 156 hari, dengan biaya percepatan sebesar Rp

402.310.654,25 dan probabilitas rata-ratanya sebesar 94%.

Berdasarkan perbedaan besaran nilai probabilitas dapat dikatakan kontraktor bisa menggunakan metode simulasi monte carlo dikarenakan nilai percepatan dengan nilai probabilitas keyakinan penyelesaian proyek yang mencapai 94% serta biaya yang lebih sedikit. Hal ini lebih mendekati pada situasi nyatanya. Simulasi monte carlo juga menggunakan variabel yang tidak terduga, hal tersebut bisa menggambarkan beberapa factor yang biasanya timbul pada pengerjaan suatu proyek.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis melalui penerapan simulasi monte carlo dan metode *Program Evaluation Review and Technique* (PERT) didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pembangunan proyek memiliki jadwal penyelesaian selama 152 hari namun terjadi keterlambatan, hal tersebut diakibatkan terlambatnya pasokan bahan baku pada tahapan kontruksi beton yang mengakibatkan mundurnya penyelesaian proyek selama 12 hari. akibat keterlambatan tersebut terdapat biaya *penalty* yang harus dibayarkan sebesar Rp 20.045.365.
- b. Penyelesaian proyek dapat dipercepat pada Titik Proyek Dipercepat (TPD) menjadi 147 hari dengan biaya sebesar Rp 417.315.909,25, sedangkan menggunakan penerapan simulasi monte carlo waktu percepatan selama

156 hari dengan biaya sebesar Rp 402.310.654,25.

- c. Hasil presentase (%) probabilitas percepatan yang dilakukan menggunakan metode *Program Evaluation Review and Technique* (PERT) memiliki tingkat keyakinan sebesar 63%. Sedangkan, hasil penerapan simulasi monte carlo berdasarkan hasil rata-ratanya memiliki tingkat keyakinan penyelesaian proyek sebesar 94%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., 2009, *Simulasi Sistem Industri*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Aulabih, R., Unas, E, S., & Negara P, K., 2016, *Penerapan Metode Monte Carlo pada Penjadwalan Proyek Gedung Dinas Sosial Kota Blitar*.
- Dannyanti, E., 2010, *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT dan CPM*, Skripsi Fakultas Ekonomi Universitas Diponegoro.
- Fadjar, A., 2008, *Aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam Estimasi Biaya Proyek*, Jurnal SMARTek, 6(4), pp. 222-227.
- Hartono, W., & Laksito, B., 2006, *Simulasi Fase Procurement pada Pembangunan Pabrik Amonia dan Urea Kujang 1-B*, Media Teknik Sipil. Januari 2006.
- Handoko, T, H., 1999, *Manajemen Proyek Edisi 2*, Yogyakarta: BPFE.
- Heizer, J., & Render, B., 2005, *Operation Management, 9th book 1*, Salemba Empat, Jakarta.
- Kerzner, K., 2006, *Project Management: A System to Planning, Scheduling and Controlling*, Ninth Edition, John Wiley & Sons.
- Kho, B., 2016, *Segitiga Manajemen Proyek dan Tahapan Manajemen Proyek*, <http://www.ilmumanajemenindustri.com>, diakses pada 8 Juni 2017.
- Law, M, A., & Kelton, D, W., 2000, *Simulation Modeling and Analysis*, The McGraw-Hill Companies, Inc, Singapore.
- Misrali et al., 2015, *Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Kelas di Fakultas Ekonomi Universitas Jember dengan Metode Pert*, Artikel Ilmiah Mahasiswa 2015.
- Project Management Institute, 2000, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) 2000 Edition*, Newton Square, PA 19073-3299 USA.
- Raharja, I., 2014, *Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT di PT Hasana Damai Putra Yogyakarta pada Proyek Perumahan Tirta Sani*, Jurnal BENTANG, 2(1).
- Santosa, B., 2009, *Manajemen Proyek Konsep & Implementasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Soeharto, I., 2002, *Studi Kelayakan Proyek Industri*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Subagya, 2000, *Analisis Manajemen Proyek-jilid 2*, Graha Pena, Bekasi.
- Taha, H, A., 1997, *Operation Research An Introduction* (6th ed), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Tersine, J, R., 1994, *Principles of Inventory and Materials Management*, Prentice-Hall International, Inc, New Jersey 07632.