

# **Waktu Realistis Pengerjaan Proyek Rumah Tinggal Bertingkat Type 72 Dengan Metode Program Evaluation And Review Technique (PERT) di PT. XYZ Medan**

**Eddy\*<sup>1</sup>, Abdul Gani Syahputra<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Harapan Medan  
Jalan H.M. Joni 70 C Medan  
e-mail: \*<sup>1</sup>eddy.stth.medan@gmail.com

## **Abstrak**

Kompleksitas pengelolaan sebuah proyek membutuhkan perencanaan yang baik dan akurat. Hal ini dilakukan untuk mengatasi kendala-kendala yang muncul dalam pelaksanaan pengerjaan proyek. Salah satu diantaranya adalah kendala terlambatnya waktu penyelesaian proyek. Program Evaluation and Review Technique (PERT) adalah suatu model jaringan yang mampu memetakan waktu penyelesaian kegiatan. PERT sangat bermanfaat bagi pengelolaan sebuah proyek karena menyediakan informasi yang berkaitan dengan penyelesaian suatu proyek. Penggunaan metode PERT pada penelitian ini memberikan hasil waktu penyelesaian proyek pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72 berdasarkan lintasan kritis sebesar 114 hari. Melalui pendekatan statistik dan asumsi waktu selesainya proyek terdistribusi secara normal diperoleh rentang waktu realistis selesainya proyek tersebut adalah antara 114 hari sampai dengan 124 hari. Sedangkan tingkat probabilitas penyelesaian proyek selama rentang waktu tersebut antara 50% sampai dengan 99,9%.

**Kata Kunci** - PERT, Lintasan Kritis, Probabilitas

## **Abstract**

*The complexity of managing a project requires good and accurate planning. This is done to overcome the obstacles that arise in the implementation of project work. One of them is the obstacle of late project completion time. Program Evaluation and Review Technique (PERT) is a network model that is able to map the time of completion of activities. PERT is very useful for managing a project because it provides information relating to the completion of a project. The use of PERT method in this study provides the results of the completion time of type 72-storey residential building project based on a critical trajectory of 114 days. Through a statistical approach and assuming the completion of a normally distributed project the realistic time span of completion of the project is between 114 days to 124 days. While the probability of completion of the project during the time frame is between 50% to 99.9%.*

**Keywords** - PERT, Critical Path, Probability

## **1. PENDAHULUAN**

Proyek konstruksi adalah usaha untuk mendirikan suatu bangunan dengan waktu tertentu dengan menggunakan sumber daya yang terbatas. Untuk mendapatkan hasil dengan standar yang baik dalam suatu proyek konstruksi maka harus terjalin kerjasama yang baik antar pihak-pihak yang terlibat dalam proyek tersebut, dalam hal ini adalah pemilik, kontraktor, konsultan, supplier dan lain-lain. Sebelum suatu proyek konstruksi dilaksanakan, kontraktor tentunya telah membuat suatu perencanaan yang matang agar proses konstruksi dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu bentuk dari perencanaan suatu proyek adalah penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang rencana kerja, kemajuan proyek, durasi waktu penyelesaian proyek dan segala sesuatu yang berkaitan dengan sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material.

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Namun pada kenyataannya di lapangan, suatu proyek tidak selalu berjalan sesuai dengan penjadwalan yang telah dibuat. Ada banyak faktor yang mengakibatkan hal tersebut terjadi, misalnya dikarenakan penjadwalan yang kurang baik, faktor cuaca dan ketersediaan material yang mengakibatkan proses kegiatan konstruksi harus ditunda.

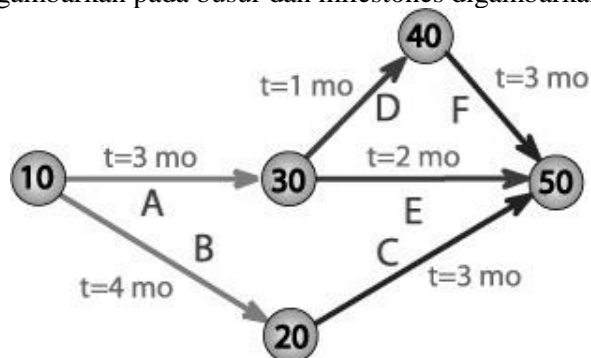
PT. XYZ merupakan sebuah perusahaan kontraktor yang berdomisili di kota Medan. Salah satu proyek yang dikerjakan perusahaan ini adalah proyek pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72. Dalam pelaksanaan pekerjaan dilapangan perusahaan ini menghadapi beberapa kendala, salah satu diantaranya keterlambatan waktu penyelesaian proyek. Misalnya pada saat pelaksanaan pekerjaan bekisting. Pekerjaan bekisting membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 5-7 hari. Baik buruknya pekerjaan bekisting sangat berpengaruh pada mutu dan kualitas beton. Oleh karena itu pekerjaan bekisting harus dikontrol dengan baik dan benar. Karena jika pekerjaan bekisting tertunda atau terlambat, maka pekerjaan pengecoran juga bisa terlambat dan berpengaruh juga pada mutu dan kualitas beton.

Keterlambatan waktu proyek yang terjadi selama pelaksanaan konstruksi dapat menjadi masalah besar bagi kontraktor, karena pihak pemilik pasti sangat tidak menginginkan terjadinya keterlambatan pada proyek. Oleh karena itu kontraktor dituntut untuk mengatur strategi agar proyek dapat selesai sesuai jadwal yang telah disepakati. Salah satu cara untuk mengembalikan tingkat kemajuan pengerjaan proyek yang telah tertunda adalah melakukan upaya percepatan waktu proyek. Oleh karena itu diperlukan analisis optimalisasi waktu pengerjaan proyek sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Kompleksitas pengelolaan sebuah proyek, membutuhkan identifikasi dan pemetaan atas rangkaian kegiatan yang bisa saja harus dilakukan secara serial (berurutan) atau dapat dilakukan secara paralel. Pemetaan ini dapat disusun dalam bentuk model jaringan. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) adalah suatu model jaringan yang mampu memetakan waktu penyelesaian kegiatan yang acak. PERT dikembangkan pada akhir tahun 1950-an untuk proyek U.S. Navy's Polaris yang memiliki ribuan kontraktor. PERT dikembangkan agar tercipta ruang/potensi untuk pengurangan waktu dan biaya yang diperlukan untuk penyelesaian proyek tersebut.

Dalam pengelolaan proyek, sebuah aktivitas adalah kegiatan yang harus dikerjakan dan sebuah *event* atau acara merupakan tahapan penyelesaian dari satu atau lebih kegiatan. Sebelum sebuah kegiatan dapat dimulai, semua kegiatan yang menjadi prasyarat bagi kegiatan tersebut harus sudah terselesaikan. Diagram PERT memiliki dua komponen utama yaitu aktivitas (*activities*) dan *event/acara* (*milestones*). Kedua komponen ini ditandai dengan busur dan lingkaran. Aktivitas digambarkan pada busur dan milestones digambarkan pada lingkaran.



**Gambar 1.** Contoh sebuah diagram PERT

Aktivitas digambarkan oleh busur dan diberi kode A, B, C dan seterusnya, sebagai simbol kegiatan. Busur juga diberi keterangan berapa lama perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan yang bersangkutan. Sedangkan event (*milestones*) digambarkan oleh lingkaran yang diberi nomor kode berurut dari awal hingga akhir diagram.

Proses perencanaan PERT meliputi langkah-langkah berikut:

1. Mengidentifikasi kegiatan (aktivitas) dan *event* proyek (*milestones*) yang spesifik,
2. Menentukan urutan yang tepat dari kegiatan-kegiatan,
3. Menyusun model diagram jaringan,
4. Memperkirakan waktu yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan,
5. Menentukan tahapan dan jalur kritis,
6. Melakukan pemantauan dan evaluasi serta koreksi pada diagram PERT selama proyek berlangsung.

Diagram PERT sangat bermanfaat bagi pengelolaan sebuah proyek karena menyediakan informasi berikut:

- a. Jangka waktu penyelesaian proyek,
- b. Kemungkinan penyelesaian proyek sebelum tanggal yang ditentukan,
- c. Tahapan kegiatan yang kritis, yang dapat berdampak langsung terhadap waktu penyelesaian proyek,
- d. Kegiatan yang memiliki tenggat waktu relatif longgar yang seharusnya dapat dikelola sebagai tambahan waktu bagi tahapan kegiatan kritis,
- e. Tanggal kegiatan dimulai dan tanggal kegiatan berakhir (periode program).

Menurut Krajewski, penjadwalan proyek dengan metode PERT dimulai dengan mengestimasi waktu penyelesaian setiap aktivitas (kegiatan) proyek kedalam 3 jenis estimasi waktu, yaitu:

- Waktu yang paling Optimis (*ta*) adalah waktu dimana setiap aktivitas berlangsung dengan baik.
- Waktu yang paling pesimis (*tb*) adalah waktu dimana setiap aktivitas terjadi kondisi yang tidak diinginkan atau terjadi hambatan.
- Waktu yang paling mungkin (*tm*) adalah perkiraan waktu yang paling realistis untuk menyelesaikan suatu aktivitas.

Untuk menghitung waktu aktivitas yang diharapkan *te* (expected activity time) dapat menggunakan rumus berikut:

$$te = \frac{ta + 4tm + tb}{6}$$

PERT dapat digunakan untuk memperkirakan probabilitas selesainya suatu proyek untuk suatu waktu tertentu yang diinginkan. Dalam hal ini diperlukan pendekatan statistik untuk mengukur rata-rata ( $\mu$ ) maupun deviasi standar ( $\sigma$ ) waktu selesainya proyek. Dalam penerapan probabilistik, PERT menggunakan asumsi bahwa suatu kegiatan secara statistik bersifat independen dan waktu selesainya proyek terdistribusi secara normal. Rata-rata selesainya proyek merupakan jumlah waktu dari kegiatan kritis, sedangkan deviasi standar proyek merupakan jumlah deviasi standar lintasan kritis.

-Deviasi standar kegiatan:  $\sigma_k = \left( \frac{tb - ta}{6} \right)$

-Deviasi standar proyek:  $\sigma_p = \sqrt{\sum \sigma_k^2}$

-Probabilitas waktu selesainya proyek ditentukan dengan distribusi normal:  $Z = \frac{X - \mu}{\sigma_p}$

Dimana:  $X$  = target waktu penyelesaian proyek  
 $\mu$  = waktu rata-rata dari kegiatan  
 $\sigma_p$  = deviasi standar proyek  
 $Z$  = probabilitas penyelesaian proyek (tabel distribusi  $Z$ )

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai  $te$  untuk masing-masing kegiatan, sebagai berikut:

**Tabel 1.** Nilai waktu yang diharapkan ( $te$ ) untuk tiap kegiatan

Item Kegiatan	Simbol	Waktu Optimis ( $ta$ ) (hari)	Waktu Paling Mungkin ( $tm$ ) (hari)	Waktu Pesimis ( $tb$ ) (hari)	$Te$ (hari)
A. Pekerjaan Pendahuluan	A	14	14	17	14,5
B. Pekerjaan Lantai-I					
Pekerjaan Galian dan Timbunan	B1	14	21	25	20,5
Pekerjaan Pondasi/Beton	B2	31	35	43	35,67
Pekerjaan Bata/Plesteran	B3	33	35	47	36,67
Pekerjaan Lantai dan Keramik	B4	18	21	24	21
Pekerjaan Pintu dan Jendela	B5	19	21	23	21
Pekerjaan Atap Fiber Glass	B6	5	7	9	7
Pekerjaan Plafond	B7	17	21	26	21,17
Pekerjaan Pengecatan	B8	10	14	21	14,5
Pekerjaan Elektrikal	B9	18	21	24	21
Pekerjaan Sanitair	B10	10	14	20	14,33
C. Pekerjaan Lantai-II					
Pekerjaan Beton	C1	30	35	43	35,5
Pekerjaan Bata/Plesteran	C2	17	21	23	20,67
Pekerjaan Lantai dan Keramik	C3	18	21	24	21
Pekerjaan Pintu dan Jendela	C4	11	14	16	13,83
Pekerjaan Atap/Kuda-Kuda	C5	25	28	30	27,83
Pekerjaan Plafond	C6	17	21	26	21,17
Pekerjaan Pengecatan	C7	17	21	25	21
Pekerjaan Elektrikal	C8	18	21	24	21
Pekerjaan Sanitair	C9	17	21	26	21,17

Dengan menggunakan nilai  $te$  (waktu yang diharapkan) maka dibuatlah sebuah diagram jaringan kerja proyek. Dimana prinsip pembuatan jaringan kerja ini menggunakan perhitungan kedepan dan kebelakang, hasil perhitungan disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 2.** Perhitungan rute kedepan

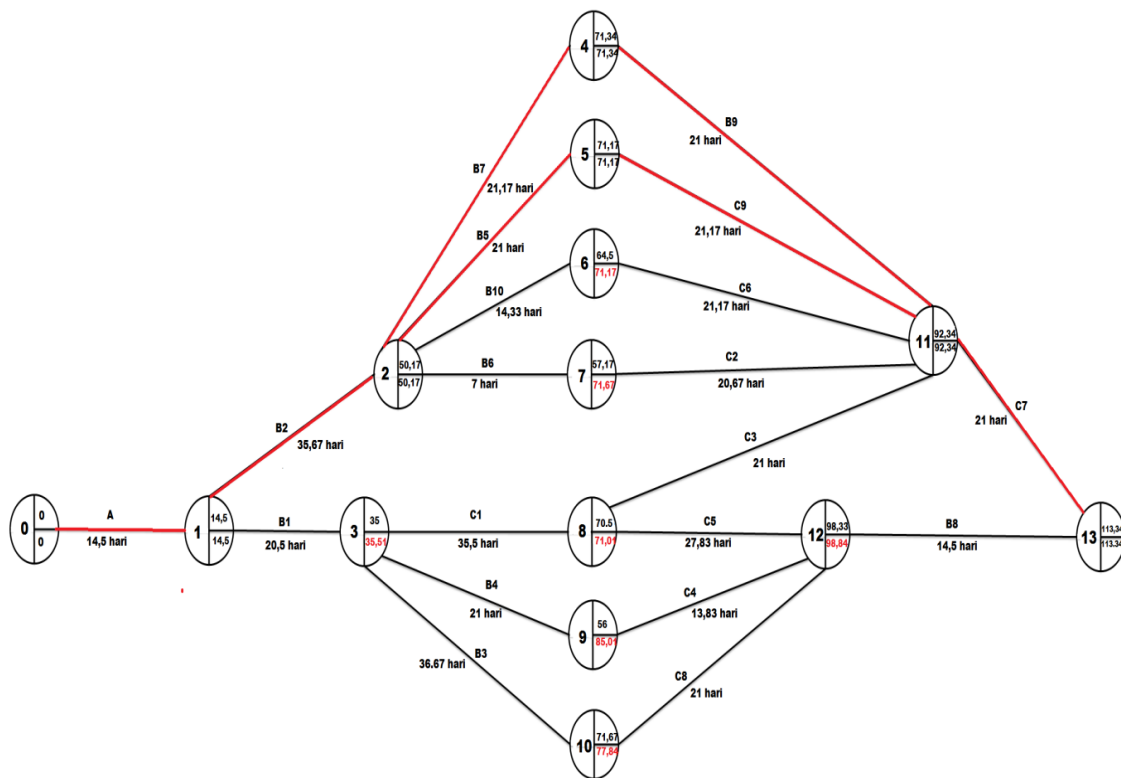
No. Kejadian	Simbol	EET <sub>i</sub> (hari)	<i>te</i> (hari)	EET <sub>j</sub> (hari)	Keterangan
1	A	0	14,5	14,5	
2	B2	14,5	35,67	50,17	
3	B1	14,5	20,5	35	
4	B7	50,17	21,17	71,34	
5	B5	50,17	21	71,17	
6	B10	50,17	14,33	64,5	
7	B6	50,17	7	57,17	
8	C1	35	35,5	70,5	
9	B4	35	21	56	
10	B3	35	36,67	71,67	
11	B9	71,34	21	92,34	Dipilih yang terbesar
	C9	71,17	21,17	92,34	
	C6	64,5	21,17	85,67	
	C2	57,17	20,67	77,84	
	C3	70,5	21	91,5	
12	C4	56	13,83	69,83	Dipilih yang terbesar
	C5	70,5	27,83	98,33	
	C8	71,67	21	92,67	
13	C7	92,34	21	113,34	Dipilih yang terbesar
	B8	98,33	14,5	112,83	

**Tabel 3.** Perhitungan rute kebelakang

No. Kejadian	Simbol	EET <sub>i</sub> (hari)	<i>te</i> (hari)	EET <sub>j</sub> (hari)	Keterangan
12	B8	113,34	14,5	98,84	
11	C7	113,34	21	92,34	
10	C8	98,84	21	77,84	
9	C4	98,84	13,83	85,01	
8	C3	92,34	21	71,34	Dipilih yang terkecil
	C5	98,84	27,83	71,01	
7	C2	92,34	20,67	71,67	
6	C6	92,34	21,17	71,17	
5	C9	92,34	21,17	71,17	
4	B9	92,34	21	71,34	
3	C1	71,01	35,5	35,51	Dipilih yang terkecil
	B4	85,01	21	64,01	
	B3	77,84	36,67	41,17	
2	B7	71,34	21,17	50,17	Dipilih yang terkecil
	B5	71,17	21	50,17	
	B10	71,17	14,33	56,84	
	B6	71,67	7	64,67	
1	B2	50,17	35,67	14,5	Dipilih yang terkecil
	B1	35,51	20,5	15,01	
0	A	14,5	14,5	0	

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 2 dan Tabel 3 dibuat diagram jaringan kerja untuk penyelesaian proyek kontruksi rumah tinggal bertingkat type 72, seperti yang ditampilkan pada gambar-2. Dari diagram tersebut diperoleh waktu penyelesaian proyek ( $te$ ) selama 113,34 ( $\approx 114$ ) hari dan diperoleh 2 lintasan kritis, yaitu:

- Lintasan kritis-1 : A – B2 – B5 – C9 – C7, dan
- Lintasan kritis-2 : A – B2 – B7 – B9 – C7.



**Gambar 2.** Diagram jaringan kerja proyek kontruksi rumah tinggal bertingkat type 72

Untuk mengetahui berapa persen probabilitas selesainya pembangun rumah tersebut sesuai dengan waktu yang diharapkan, dilakukan perhitungan nilai probabilitas. Untuk kedua lintasan kritis tersebut diperoleh hasil sebagai berikut:

- Lintasan kritis-1 (A – B2 – B5 – C9 – C7)

**Tabel 4.** Standar Deviasi Lintasan Kritis-1

Item Kegiatan	Simbol	Waktu Optimis ( $t_a$ ) (hari)	Waktu Pesimis ( $t_b$ ) (hari)	Deviasi Standar ( $\sigma_k$ )
Pekerjaan Pendahuluan	A	14	17	0,5
Pekerjaan Pondasi/Beton	B2	31	43	2
Pekerjaan Pintu & Jendela	B5	19	23	0,67
Pekerjaan Sanitair	C9	17	25	1,33
Pengerjaan Pengecatan	C7	17	26	1,5
Standard Deviasi Proyek ( $\sigma_p$ )	$\sigma_p = \sqrt{\sum \sigma_k^2} = 2,95$			

Dari tabel 4 di atas diperoleh nilai standar deviasi proyek ( $\sigma_p$ ) = 2,95. Dari sifat kurva distribusi normal dimana 99,7 % area berada dalam interval ( $te \pm 3\sigma_p$ ), maka kurun waktu penyelesaian proyek adalah  $114 \pm 3(2,95)$  hari. Perkiraan penyelesaian proyek paling cepat adalah  $114 - 3(2,95) = 105,15$  hari  $\approx 106$  hari. Dan perkiraan penyelesaian proyek paling lambat adalah  $114 + 3(2,95) = 122,85$  hari  $\approx 123$  hari. Jika dalam hal ini target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu  $X = 106$  hari adalah:  $Z = -2,71$ . Dari tabel distribusi normal diperoleh untuk  $Z = -2,71$  didapat luas dibawah kurva untuk  $X \leq 106$  adalah = 0,0034. Artinya probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 106 hari adalah = 0,34%. Sedangkan bila target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling lambat, maka probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu  $X = 123$  hari adalah:  $Z = 3,27$ . Dari tabel distribusi normal diperoleh untuk  $Z = 3,27$  didapat luas dibawah kurva untuk  $X \leq 123$  adalah = 0,9995. Artinya probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 123 hari adalah = 99,95%.

-Lintasan kritis-2 (A – B2 – B7 – B9 – C7)

**Tabel 5.** Standar Deviasi dan Varians Lintasan kritis-2

Item Kegiatan	Simbol	Waktu Optimis (ta) (hari)	Waktu Pesimis (tb) (hari)	Deviasi Standar ( $\sigma_k$ )
Pekerjaan Pendahuluan	A	14	17	0,5
Pekerjaan Pondasi/Beton	B2	31	43	2
Pekerjaan Pintu & Jendela	B7	17	26	1,5
Pekerjaan Sanitair	B9	18	24	1,0
Pengerjaan Pengecatan	C7	17	26	1,5
Standard Deviasi Proyek ( $\sigma_p$ )	$\sigma_p = \sqrt{\sum \sigma_k^2} = 3,12$			

Dari tabel-5 diatas diperoleh nilai standar deviasi proyek ( $\sigma_p$ ) = 3,12. Dari sifat kurva distribusi normal dimana 99,7 % area berada dalam interval ( $te \pm 3\sigma_p$ ), maka kurun waktu penyelesaian proyek adalah  $114 \pm 3(3,12)$  hari. Perkiraan penyelesaian proyek paling cepat adalah  $114 - 3(3,12) = 104,64$  hari  $\approx 105$  hari. Dan perkiraan penyelesaian proyek paling lambat adalah  $114 + 3(3,12) = 123,36$  hari  $\approx 124$  hari. Jika dalam hal ini target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu  $X = 105$  hari adalah:  $Z = -2,88$ . Dari tabel distribusi normal diperoleh untuk  $Z = -2,88$  didapat luas dibawah kurva untuk  $X \leq 105$  adalah = 0,0020. Artinya probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 105 hari adalah = 0,20%. Sedangkan bila target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling lambat, maka probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu  $X = 124$  hari adalah:  $Z = 3,21$ . Dari tabel distribusi normal diperoleh untuk  $Z = 3,21$  didapat luas dibawah kurva untuk  $X \leq 124$  adalah = 0,9993. Artinya probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 124 hari adalah = 99,93%.

Sedangkan probailitas selesainya proyek sesuai dengan waktu kritisnya (114 hari,  $Z = 0$ ), adalah 50% (dari tabel distribusi normal). Dengan demikian pihak kontraktor memiliki rentang waktu penyelesaian pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72 yang realistis antara 114 hari sampai dengan 124 hari. Dengan tingkat probabilitas penyelesaiannya antara 50% sampai dengan 99,9%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dari hasil pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara sistematis berdasarkan diagram jaringan kerja proyek pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72 dapat diselesaikan dalam waktu 113,34 hari  $\approx$  114 hari.
2. Dari diagram jaringan kerja proyek didapat 2 (dua) lintasan kritis, yaitu lintasan kritis-1: kegiatan A - B2 - B5 - C9 - C7 dan lintasan kritis-2: kegiatan A - B2 - B7 - B9 - C7.
3. Dari lintasan kritis-1 probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 106 hari adalah = 0,34% dan probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 123 hari adalah = 99,95%. Sedangkan menurut lintasan kritis-2 probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 105 hari adalah = 0,20% dan probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 124 hari adalah = 99,93%.
4. Rentang waktu realistis selesainya pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72 adalah antara 114 hari sampai dengan 124 hari, dengan tingkat probabilitas penyelesaiannya antara 50% sampai dengan 99,9%.

#### 5. SARAN

Berdasarkan uraian yang dibahas pada penelitian ini penulis mengemukakan beberapa saran, antara lain:

1. Untuk mendapatkan hasil perencanaan yang baik urutan setiap kegiatan haruslah direncanakan dengan sangat baik. Apabila terdapat pekerjaan yang dapat dimulai secara bersamaan dengan pekerjaan lainnya, maka hendaknya pelaksanaan pekerjaan tersebut dibuat parallel. Sehingga waktu penyelesaian proyek menjadi lebih singkat.
2. Perkiraan waktu penyelesaian suatu proyek tidak terlepas dari tingkat pemakaian sumber daya, misalnya biaya. Oleh karena itu disarankan untuk selanjutnya dilakukan pembahasan yang berkaitan dengan biaya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agyei, W., 2015, Project Planning And Scheduling Using PERT And CPM Techniques With Linear Programming: Case Study, *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol 4, no 8, hal 222-227.
- [2] Budi, 2009, *Manajemen Proyek: Konsep dan Implementasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [3] Christian, C., Cefiro, C., & Sentosa, L., 2013, *Studi Kasus Penerapan Metode Pert Pada Proyek Gudang X*, Doctoral dissertation, Petra Christian University.
- [4] Chatwal, S., 2014, Application of Project Scheduling in a Bottling Unit Startup Using PERT and CPM Techniques, *International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Science*, vol 3, no 6.
- [5] Hamdan, D. H., & Kadar, N., 2014, *Manajemen Proyek*, Pustaka Setia, Bandung.
- [6] Caesaron, D., & Thio, A., 2017, Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20 Glodok), *Jiems Journal of Industrial Engineering and Management Systems*, vol 8, no 2.
- [7] Wulfram, E., 2002, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta.
- [8] Ali. H., Tubagus., 1989, *Prinsip-Prinsip Network Planning*, Gramedia, Jakarta.
- [9] Maranresy, P., Sompie, B. F., & Pratasias, P., 2015, Sistem Pengendalian Waktu Pada Pekerjaan Konstruksi Jalan Raya Dengan Menggunakan Metode CPM, *Jurnal Sipil Statik*, vol 3, no 1, hal 8-15.
- [12] Nurhayati., 2010, *Manajemen Proyek*, Graha Ilmu, Yogyakarta.



- [13] Soeharto, I., 2001, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- [14] Sugiyarto, S., Qomariyah, S., & Hamzah, F., 2013, Analisis Network Planning dengan CPM (Critical Path Method) dalam Rangka Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek, *Matriks Teknik Sipil*, vol 1, no 4, hal 408.