

MENGOPTIMALKAN *CRASHING PROJECT* PEMASANGAN SALURAN RUMAH DI PERUMAHAN X DENGAN PENDEKATAN CPM-PERT

Siti Muhimatul Khoiroh

Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Siti_muhimatul@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

*Critical Path Method (CPM) dan Project Evaluation Review Technic (PERT) adalah metode yang banyak digunakan untuk membuat penjadwalan proyek. Salah satu kelebihan dari gabungan dua metode ini adalah untuk mengevaluasi waktu penyelesaian proyek atau keterlambatan karena faktor-faktor yang tidak diperhitungkan sebelumnya. Sehingga alternatif mempercepat pelaksanaan waktu proyek (*crashing project*) menjadi salah satu alternatif yang dapat diandalkan seorang kontraktor. Untuk mengevaluasi proyek pemasangan saluran rumah berdasarkan analisis CPM diperoleh estimasi waktu penyelesaian selama 180 minggu dengan lintasan kritis proyek meliputi aktivitas A-B-C-E-F. Dari lamanya waktu penyelesaian, upaya percepatan dengan informasi estimasi tiga waktu utama yaitu t_o (waktu optimis), t_p (waktu pesimis), dan t_m (waktu yang memungkinkan) dan informasi waktu *crashing* setiap aktivitas dan besar biaya *crashing*, maka diperoleh waktu percepatan pemasangan SR menjadi 160 hari dengan mempercepat penyelesaian aktivitas B-C, dan C-E dengan total biaya *crashing* sebesar Rp. 2.350.000,-*

Kata kunci: *crashing project, CPM-PERT, perumahan, penjadwalan*

ABSTRACT

*Critical Path Method (CPM) and Project Evaluation Review Technic (PERT) is a widely used method for making project scheduling. One of the advantages of combining these two methods is to evaluate the time of project completion or delays due to factors that are not taken into account before. So that alternative speed up the implementation of project time (*crashing project*) become one of reliable alternative of a contractor. To evaluate SR installation project based on CPM analysis found that the completion time estimation is 180 weeks with a critical path of project is A-B-C-E-F activities. From the length of completion time, the acceleration effort with the three major time estimation information is to (*optimistic time*), t_p (*pessimistic time*), and t_m (*possible time*) and *crashing time* information of each activity and the cost of *crashing*, installation of SR to be come 160 days by accelerating the completion of B-C, and C-E activities with a total cost of *crashing* of Rp. 2.350.000,-*

Keywords: *crashing project, CPM-PERT, housing, scheduling.*

PENDAHULUAN

Proyek merupakan aktivitas yang memiliki batasan (*constraint*) yang mengikat dalam pelaksanaan (*deadline*). Secara umum proyek dalam analisis jaringan kerja meliputi serangkaian aktivitas yang bersifat unik, terencana, dengan biaya tertentu dengan batas waktu yang telah ditentukan untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Dalam suatu proyek tahap perencanaan merupakan tahapan yang menentukan keberhasilan suatu proyek, karena pada tahap perencanaan inilah yang menentukan besaran biaya, lamanya waktu penyelesaian, sampai alokasi sumber daya manusia, material, serta metode pelaksanaan yang dibutuhkan dalam setiap rangkaian aktivitas penyelesaian proyek. Untuk mencapai tujuan tersebut maka faktor efektifitas dan efisiensi dalam tahap perencanaan (*planning*) dan penjadwalan (*scheduling*) proyek harus diperhatikan (Setiawati, 2017).

Keberhasilan penjadwalan proyek ditentukan dari ketepatan pengalokasian waktu dalam setiap aktivitas proyek, distribusi material, serta jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dari setiap aktivitas penyelesaian. Tingkat urgensi dari setiap aktivitas (kegiatan dalam lintasan kritis) juga perlu diperhatikan untuk mempersingkat waktu penyelesaian dalam jaringan kerja proyek (*network*) (Iramutyn, 2010).

Perlunya manajemen sebuah proyek adalah untuk dapat mengakomodir tahap perencanaan, penjadwalan, eksekusi, dan pengendalian proyek dengan baik sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pelaksana proyek (Sahid, 2012).

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk melakukan percepatan proyek adalah dengan pendekatan CPM dan PERT *Analysis*. Critical Path Method dapat digunakan untuk semua jenis proyek, seperti konstruksi, engineering, perawatan fasilitas, pengembangan software, dan lain sebagainya (Kim, Kang, Hwang, 2012).

Aktivitas pemasangan Saluran Rumah (SR) dapat digolongkan dalam kalsifikasi proyek konstruksi dimana saluran rumah merupakan bagian dari proyek konstruksi bangunan perumahan yang memiliki batasan waktu dan biaya penyelesaian. Proyek pemasangan SR di Perumahan X Surabaya mulai dilaksanakan oleh CV. Arjaya selaku pihak kontraktor yang dipercaya. Untuk menyelesaikan proyek tersebut, CV. Arjaya memerlukan waktu penyelesaian proyek selama 200 hari kerja (6 bulan 20 hari) dengan target 80 rumah yang terpasang. Untuk bisa mengevaluasi tingkat efektivitas dan efisiensi waktu serta alokasi biaya yang dibutuhkan dalam penyelesaian proyek, salah satu hal yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan analisis percepatan proyek dengan pendekatan CPM-PERT.

Tujuan dilaksanakannya percepatan (*crashing project*) adalah untuk dapat mengoptimalkan dua faktor penting yaitu alokasi waktu dan biaya. Dalam hal ini kemudian dilakukan perbandingan antara waktu, biaya, serta alokasi tenaga kerja dalam proyek sebelum dan sesudah *crashing*.

MATERI DAN METODE

Aktivitas pemasangan Saluran Rumah (SR) dapat digolongkan dalam kalsifikasi proyek konstruksi dimana saluran rumah merupakan bagian dari proyek konstruksi bangunan perumahan yang memiliki batasan waktu dan biaya penyelesaian. Proyek pemasangan SR di Perumahan X Surabaya mulai dilaksanakan oleh CV. Arjaya selaku pihak kontraktor yang dipercaya. Untuk menyelesaikan proyek tersebut, CV. Arjaya

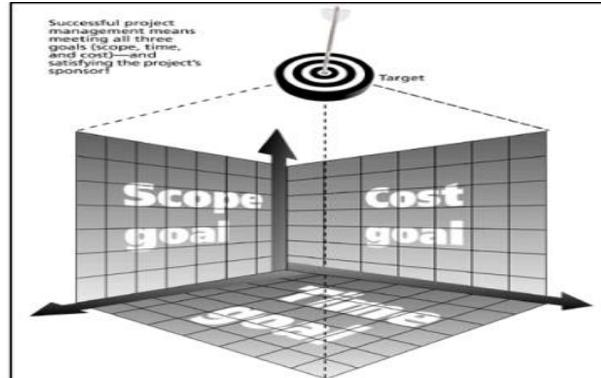
memerlukan waktu penyelesaian proyek selama 200 hari kerja (6 bulan 20 hari) dengan target 80 rumah yang terpasang. Untuk bisa mengevaluasi tingkat efektivitas dan efisiensi waktu serta alokasi biaya yang dibutuhkan dalam penyelesaian proyek, salah satu hal yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan analisis percepatan proyek dengan pendekatan CPM-PERT.

Proyek adalah kumpulan dari berbagai macam aktivitas yang saling berhubungan antara satu dengan yang lain sesuai urutan kerja tertentu yang logis (antara satu kegiatan dapat berjalan apabila kegiatan yang lain sudah dikerjakan) dalam sebuah network atau jaringan kerja (Ridho dan Syahrizal, 2014).

Oleh karena itu sebuah proyek memiliki ciri-ciri atau karakteristik yang membedakan dengan kegiatan lainnya sebagaimana dijelaskan Sahid (2012) yaitu:

1. Proyek mempunyai tujuan yang khusus/unik
2. Proyek bersifat sementara
3. Dilakukan dengan intensitas tinggi, *progressive* dan *elaborative*
4. Memerlukan sumber daya, seringkali bersal dari berbagai area/departemen
5. Harus memiliki pemberi kerja/sponsor proyek yang akan memberikan arahan dan pembiayaan sebuah proyek
6. Batasan biaya, waktu, sasaran dan kualitas hasil ditentukan dan disepakati di awal.
7. Memiliki ketidakpastian

Dalam pelaksanaan proyek, pendekatan percepatan proyek (*crashing project*) biasa dilakukan dengan tujuan untuk bisa mengoptimalkan tiga faktor penting dalam proyek yaitu faktor biaya, waktu penyelesaian, dan ruang lingkup pekerjaan (*scope*) proyek.



Gambar 1. Tiga Faktor Batasan Utama Proyek (ITPM, 2007 dalam Sahid, 2012)

Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan bagian dari tahap perencanaan proyek yaitu bertujuan untuk menentukan kapan dilaksanakannya sebuah proyek berdasarkan runtutan aktivitas tertentu dari awal hingga akhir proyek yang meliputi penetapan waktu kegiatan dan waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing aktivitas dalam proyek dalam sebuah jaringan kerja atau *network* (Ridho dan Syahrizal, 2014).

Menurut Maharesi (2002), metode analysis jaringan kerja yang banyak digunakan oleh para praktisi diantaranya adalah PERT dan CPM karena keduanya dapat mengklasifikasikan kegiatan sebagai aktivitas kritis dan tidak kritis. Suatu

aktivitas dikatakan kritis apabila dalam pelaksanaannya tidak dapat ditunda, sebab apabila waktu pelaksanaannya ditunda akan berakibat bertambahnya total waktu penyelesaian proyek. Sedangkan aktivitas dikatakan tidak kritis apabila dalam pelaksanaannya dapat ditunda untuk suatu limit tertentu tanpa berpengaruh terhadap keseluruhan waktu penyelesaian proyek.

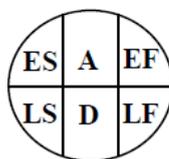
Critical Path Method (CPM)

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972) dalam penelitian Dannyanti (2011), CPM merupakan pendekatan untuk merencanakan dan pengendalian proyek. CPM merupakan pendekatan sistem jaringan kerja proyek yang paling banyak dipergunakan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Dalam pendekatan CPM, terdapat dua model jaringan yaitu AOA (*Activity on Arch*) dan AON (*Activity on Node*).

AOA	AON
Menggambarkan event/ kejadian Menggambarkan aktivitas	Menggambarkan aktivitas Menggambarkan event/ Kejadian
Definisi : A datang sebelum B	Definisi : A datang sebelum B, yang datang sebelum C

Gambar 2. Perbandingan Jaringan AOA dan AON

Dalam pendekatan lintasan kritis atau CPM, model jaringan AON dipandang lebih efektif menggambarkan secara menyeluruh informasi dalam proyek yang dibutuhkan sehingga dalam mayoritas kasus manajemen proyek, model jaringan AON yang sering banyak digunakan (Sahid, 2012).



Gambar 3. Node dalam AON

Dimana :

A = Kode>Nama aktivitas

D = Durasi waktu suatu aktivitas

ES = Earliest Start, adalah waktu paling awal untuk memulai suatu aktivitas

LS = Latest Start, adalah waktu paling lambat untuk memulai suatu aktivitas

EF = Earliest Finish, adalah waktu paling awal untuk menyelesaikan suatu aktivitas

LF = Latest Finish, adalah waktu paling lambat untuk menyelesaikan suatu aktivitas

Menurut penelitian D annyanti (2011), manfaat yang didapat dengan mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut :

- a. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan penyelesaian proyek secara keseluruhan tertunda.
- b. Penyelesaian proyek dapat dipercepat apabila pekerjaan dalam lintasan kritis bisa dipercepat.
- c. Pengendalian proyek melalui lintasan kritis dapat dilakukan dengan mengontrol trade off yang ada (pertukaran waktu dan biaya yang paling mungkin/ efisien) dengan crashing project (percepat waktu penyelesaian dengan biaya yang paling mungkin dikeluarkan).
- d. Untuk aktivitas yang bukan termasuk dalam lintasan kritis dapat dimungkinkan perpindahan tenaga kerja, alat dan biaya untuk menyelesaikan pekerjaan yang ada di lintasan kritis.

Berikut adalah tahapan dalam penentuan lintasan kritis dengan menyusun jaringan proyek menurut Gray dan Larson (2008) adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi rangkaian aktivitas penyusun proyek, termasuk aktivitas pendahulu (*predecessor*) dan aktivitas sesudahnya, nilai ES, EF, LS, dan LF, termasuk durasi waktu penyelesaian.
2. Gambarkan rangkaian aktivitas dalam sebuah *network diagram* (diagram jaringan).
3. Lakukan perhitungan *slack* ($Slack = LS - ES$ atau $Slack = LF - EF$).
4. Tentukan jalur kritisnya dengan melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur (dilihat dari nilai Slack yang sama dengan nol, maka jalur tersebutlah yang termasuk dalam lintasan kritis).
5. Estimasi waktu penyelesaian proyek diperoleh dari hasil akumulasi waktu dalam lintasan kritis yang nilai durasinya paling besar.

PERT Analysis

analisis PERT adalah sebuah model manajemen perencanaan dan pengendalian proyek untuk mengidentifikasi aktivitas kritis dan menghitung estimasi waktu minimum yang dibutuhkan dalam penyelesaian proyek. (Zareei, 2017). Dalam penyelesaian proyek, semakin banyak aktivitas yang tidak selesai dengan jadwal total waktu yang ditentukan , maka total waktu penyelesaian proyek akan semakin besar.

Ketidakpastian penentuan durasi suatu proyek dicerminkan dengan 3 nilai estimasi, waktu optimistis, waktu yang paling mungkin dan waktu pesimistis dari durasi setiap aktivitas. Pendekatan perencanaan dan penjadwalan proyek dengan melibatkan tiga nilai estimasi dari durasi setiap kegiatan inilah yang disebut sebagai metode PERT.

Persamaan metode CPM dan PERT adalah dalam hal penentuan kegiatan yang ada pada jalur kritis. Sedangkan perbedaannya adalah dalam metode PERT orang dapat mengetahui tingkat ketepatan suatu jadwal di suatu event yang terdefiniskan dalam suatu *network*. Hal ini dilakukan dengan menghitung probabilitas terpenuhinya jadwal yang ditetapkan dalam aktivitas tersebut.

Langkah-langkah Metode PERT :

Tahapan yang dilakukan dalam metode CPM dan PERT secara umum adalah sama. Berikut tahapan dalam analisis lintasan kritis dalam network jaringan PERT menurut penelitian Kusnanto (2010) dan Sahid (2012) adalah :

1. Buat network (diagram panah) dari proyek.
2. Perkirakan durasi dari setiap kegiatan dengan memperkirakan tiga komponen waktu tercepat, yaitu:
 - a. Waktu optimistik, t_o (*optimistics time*),
 - b. Waktu terlama, t_p (*pesimistics time*)
 - c. Waktu yang paling mungkin terjadi, t_m (*most likely time*).

Sehingga dengan tiga perkiraan itu distribusi dari durasi suatu kegiatan dapat diasumsikan mengikuti distribusi normal.
3. Menentukan *expected time* (t_e), standar deviasi (s) dan varian (σ).

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad (1)$$

$$s = \frac{t_p - t_o}{6} \quad (2)$$

$$v (s^2) = \left(\frac{t_p - t_o}{6}\right)^2 \quad (3)$$

4. Tentukan jalur kritis berdasarkan estimasi waktu perhitungan
5. Tentukan waktu penyelesaian proyek yang diharapkan (T_e)
6. Tentukan durasi proyek dari lintasan kritis tersebut.
7. Hitung waktu penyelesaian yang telah dibakukan (z) yang mengikuti formula berikut :
8. Hitung peluang waktu penyelesaian proyek dengan melihat tabel distribusi normal baku dari nilai z yang didapatkan

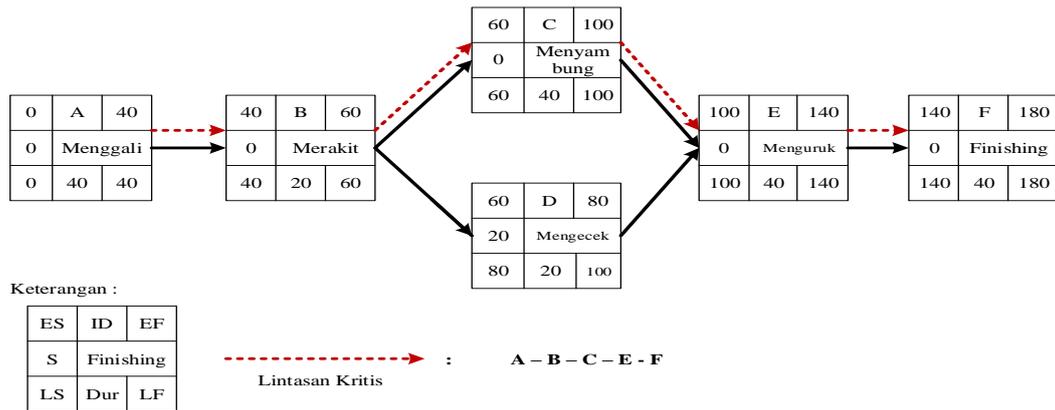
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi CPM

Sebelum diimplementasikan ke dalam metode CPM dan PERT, Tabel 1 berikut adalah rincian aktivitas dalam proyek pemasangan saluran rumah. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pekerjaan mana yang harus dikerjakan dahulu sebelum di pekerjaan lain dikerjakan atau pekerjaan mana yang dapat dikerjakan bersamaan untuk menyelesaikan pemasangan Saluran Rumah (SR) sejumlah 80 rumah.

Tabel 1. Urutan Aktivitas dalam Proyek Pemasangan Saluran Rumah

Kode Aktivitas	Deskripsi Aktivitas	Aktivitas Predecessor	Waktu (hari)
A	Melakukan Penggalian di spot yang akan dibuat SR	-	40
B	Merakit komponen-komponen pipa menjadi sebuah saluran	A	20
C	Menyambungkan pipa utama dengan pipa SR	B	40
D	Melakukan pengecekan (mengukur debit aliran air, kebocoran, tingkat kekuatan pipa)	B	20
E	Mengguruk spot yang telah terpasang SR	C, D	40
F	Finishing (melakukan penyemenan/ plester)	E	40



Gambar 1. Diagram Jaringan Kerja Dengan Metode CPM

Implemetasi PERT Analysis

Pendekatan pada analisis PERT dengan menggunakan konsep “probability” yaitu dengan menggunakan tiga rentang waktu estimasi untuk suatu kegiatan yaitu waktu optimistis, waktu pesimistis, dan waktu paling mungkin. Nilai to dan tp diperoleh dari hasil wawancara dengan sumber dilapangan. Sedangkan nilai tm yang digunakan adalah durasi kegiatan yang digunakan pada penjadwalan dengan metode CPM sebelumnya. Pada proyek pemasangan SR berikut adalah Tabel 2. aktivitas penyusunan proyek :

Tabel 2. Urutan Aktivitas dalam Proyek Pemasangan Saluran Rumah

Kode Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Estimasi waktu penyelesaian (hari)			Te	Se	Var (Se ²)
		to	tm	(tp)			
A	-	35	40	42	40	1,2	1,4
B	A	15	20	20	19	0,8	0,7
C	B	35	40	40	39	0,8	0,7
D	B	10	20	20	18	1,7	2,8
E	C, D	35	40	45	40	1,7	2,8
F	E	28	40	42	38	2,3	5,4

Perhitungan Probabilitas dengan Tabel Normal-Z-value

Untuk menghitung probabilitas yang mungkin terjadi dari durasi pekerjaan secara keseluruhan, diperlukan nilai *expected time* (te), *varians* dan standar deviasi dari kegiatan yang berada dilintasan kritis. Dari Tabel 2, lintasan kritis yang terbentuk adalah yang memiliki nilai V terbesar, yaitu :

$$A - B - C - E - F = V_A + V_B + V_C + V_E + V_F = 1,4 + 0,7 + 0,7 + 2,8 + 5,4 = 11$$

$$A - B - D - E - F = V_A + V_B + V_D + V_E + V_F = 1,4 + 0,7 + 2,8 + 2,8 + 5,4 = 13,1$$

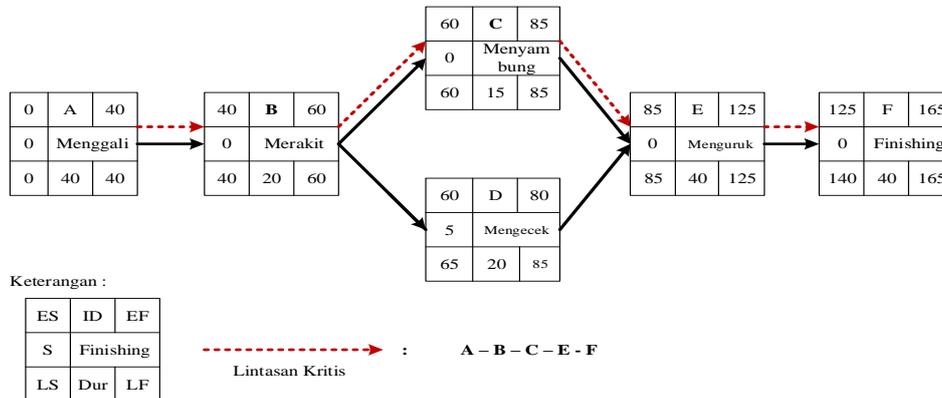
Jadi lintasan kritis dalam *network* yang diperoleh adalah A-B-D-E-F.

Dari hasil lintasan kritis pada proyek yaitu A-B-D-E-F, maka dapat dilakukan percepatan proyek dengan menggunakan PERT *analysis* sebagaimana tertuang dalam Tabel 3.

Tabel 3. Akselerasi / *Crashing Project*

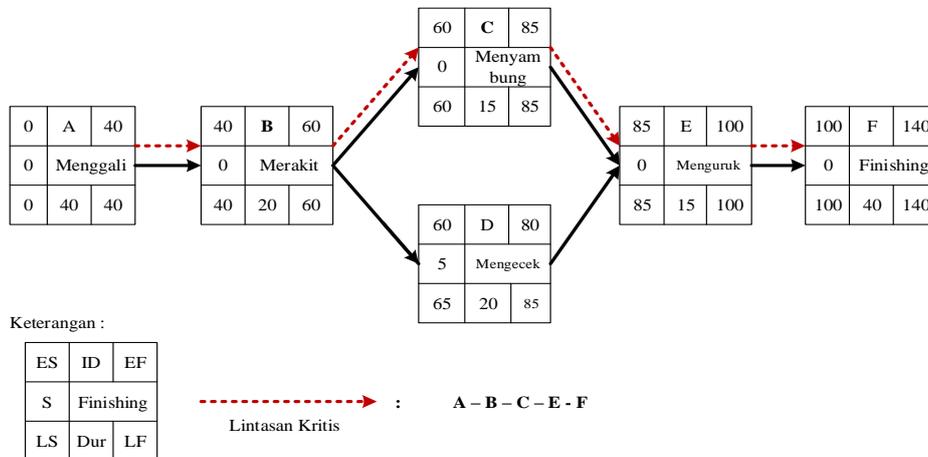
Aktivitas	Waktu Normal (Minggu)	Waktu Akselerasi (Minggu)	Total waktu Akselerasi (Minggu)	Biaya Normal (Rp)	Biaya Akselerasi (Rp)	Total Biaya Akselerasi (Rp)	Biaya Akselerasi per Minggu (Rp)
A – B	40	35	5	8.000.000	16.500.000	8.500.000	1.700.000
B – C	20	5	15	3.000.000	6.000.000	3.000.000	*200.000
B – D	40	35	5	5.500.000	12.000.000	6.500.000	1.300.000
C – E	20	5	15	2.500.000	6.500.000	4.000.000	*270.000
D – E	40	35	5	8.000.000	16.000.000	8.000.000	1.600.000
E – F	40	35	5	4.000.000	12.750.000	8.750.000	1.750.000
TOTAL	200	150	50	31.000.000	69.750.000	38.750.000	6.820.000

Untuk penentuan aktivitas yang akan dilakukan crash, pilih aktivitas pada garis edar kritis yang memiliki biaya akselerasi minimal, dan kurangi waktu aktivitas tersebut semaksimal mungkin. Dari Tabel 3, aktivitas B–C merupakan aktivitas yang memiliki biaya akselerasi per minggu terkecil, sehingga akan dilakukan crash pada aktivitas ini, dengan rincian perhitungan sebagai berikut.



Gambar 2. Crashing Project Tahap 1 (akselerasi B – C)

Kemudian, aktivitas dalam lintasan kritis yang kedua yang dapat dipercepat adalah aktivitas dengan biaya total akselerasi terendah kedua yaitu aktivitas C-E, dengan total percepatan dari waktu normal 20 minggu menjadi 15 minggu.



Gambar 3. Crashing Project Tahap 2 (akselerasi C – E)

Dari hasil *crashing project* aktivitas B-C, dan C-E maka perubahan total waktu akselerasi dan biaya yang diperlukan dari proyek pembuatan SR adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Biaya Tambahan Setelah Crashing dari 180 minggu menjadi 140 minggu

Kejadian	Waktu Normal	Waktu Akselerasi Yang Digunakan	Waktu Sekarang	Biaya Akselerasi per Minggu (Rp)	Jumlah Biaya Akselerasi (Rp)
B-C	20	5	15	200.000	1.000.000
C-E	20	5	15	270.000	1.350.000
Total Biaya Tambahan Setelah Akselerasi					2.350.000

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan pendekatan metode CPM, analisis proyek pemasangan SR (Saluran Rumah) pada perumahan Bukit Palma Citraland terdapat enam aktivitas pokok dengan total waktu penyelesaian adalah selama 180 minggu. Dengan lintasan kritis aktivitas yang diperoleh adalah aktivitas A-B-C-E-F.
2. Total estimasi lamanya waktu penyelesaian dapat dilakukan crashing atau percepatan dengan menggunakan informasi tiga estimasi waktu yaitu waktu optimis (to), waktu pesimis (tp), dan waktu yang paling memungkinkan (tm). Dari hasil crashing diperoleh dua aktivitas yang dapat dipercepat waktu penyelesaian yaitu aktivitas B-C dan C-E dengan waktu crashing masing-masing selama 5 hari, membutuhkan total biaya crash sebesar Rp 2.350.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Dannyanti, 2011, *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT dan CPM (Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip)*.
- Iramutyn, Ermis V., 2010, *Optimasi waktu dan biaya dengan metode crash (Studi Kasus Pada Proyek Pemeliharaan Gedung dan Bangunan Rumah Sakit Orthopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta)*. Tugas Akhir, Universitas Negeri Solo, Solo.
- Gray dan Larson, 2008, *Manajemen Proyek Proses Manajerial*. Andi : Yogyakarta
- Kim, et al., 2012, A practical approach to project scheduling: considering the potential quality loss cost in the time–cost tradeoff problem. *International Journal of Project Management* 30 (2): 264–272.
- Kusnanto, 2010, *Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode PERT (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung R.Kuliah dan Perpustakaan PGSD Kleco FKIP UNS Tahap I)*.
- Levin, Richard I., dan Charles A. K., 1972, *Perencanaan dan Pengawasan Dengan PERT dan CPM*. Jakarta : Bhratara.

- Maharesi, 2002, Penjadwalan Proyek Dengan Menggabungkan Metode PERT Dan CPM. *Proceedings*, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT 2002).
- Ridho dan Syahrizal, 2014, *Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode PERT dan CPM* (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan Di Jl. Gaperta Medan, Sumatera Utara).
- Sahid, 2012, Implementasi Critical Path Method dan PERT Analysis pada Proyek Global Technology for Local Community. *Jurnal Teknologi Informasi dan Telematika* 5(2): 2012, 14-22.
- Setiawati, dkk., 2017, *Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi* (Studi Kasus: Rehabilitasi / Perbaikan Dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten/Kota D.I Pekan Dolok).
- Zareei, S., 2017, Project scheduling for constructing biogas plant using critical path method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 81(8): 756–759.