

ANALISIS KINERJA BIAYA DAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE EARNED VALUE MANAJEMEN DAN TCTO UNTUK MENGOPTIMALKAN BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK SUMMARECON BANDUNG

ANALYSIS OF COST AND TIME PERFORMANCE USING METHODS EARNED VALUE MANAGEMENT AND TCTO TO OPTIMIZE COSTS AND TIME IN SUMMARECON BANDUNG PROJECTS

Caprillio Briandhito¹, Ika Arum, Puspita.², G.N. Sandhy Widyasthona³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹rizkialfz@gmail.com, ²ikaarumpuspita@telkomuniversity.ac.id, ³sandhy.widyasthana@mdi.vc

Abstrak

PT.DCM merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang konstruksi telekomunikasi yang membangun jaringan jaringan *fiber optic*. PT.DCM menjalankan proyek *ducting fo-sr* yang berlokasi di Summarecon Bandung. Dalam pelaksanaannya proyek *ducting fo-sr* 8 minggu mengalami masalah yaitu tidak tercapainya target perencanaan proyek. Hal ini dikarenakan tidak dilakukannya kontrol pada proyek yang baik saat proyek berlangsung. Hal ini terlihat dari perbedaan kurva S antara perencanaan dan actual. Dikarenakan tidak tercapainya perencanaan maka dilakukanlah perhitungan performansi dengan menggunakan metode EVM. Dalam EVM akan dilakukan *earned value analysis, variance analysis, performance index analysis dan forecasting*. Output akhir *forecasting* menunjukkan berapa lama proyek bisa terselesaikan saat kondisi proyek yang sedang berjalan. Hasil dari ECD menunjukkan bahwa proyek akan selesai pada minggu ke 15. Dari perhitungan EVM menunjukkan proyek mengalami keterlambatan, karena itu dilakukanlah perhitungan produktivitas dengan menggunakan metode TCTO. Dalam TCTO akan dilakukan perhitungan produktivitas (harian, normal, percepatan), perhitungan *crash duration, crash cost, cost slope* dan analisis waktu dan biaya optimum. Perhitungan TCTO yaitu dengan adanya penambahan jam kerja atau lembur maka produktivitas saat lembur menurun karena keterbatasan pengelihatannya dikarenakan keadaan malam hari yang gelap. Dari perhitungan TCTO didapatkan *crash duration* selama 93 hari atau 14 minggu dengan *crash cost* sebesar Rp. 16.058.483.

Kata kunci: EVM, TCTO

Abstract

PT.DCM is a company engaged in the field of telecommunications construction that builds fiber optic network networks. PT.DCM runs a *fo-sr ducting* project located in Summarecon Bandung. In the implementation of the project, *ducting* for 8 weeks has a problem that is not achieving the project planning target. This is because there is no good control of the project when the project takes place. This can be seen from the difference in the S curve between planning and actual. Due to the failure to achieve planning, performance calculations are carried out using the EVM method. In EVM, *earned value analysis, variance analysis, performance index analysis and forecasting* will be carried out. The final output *forecasting* shows how long the project can be completed when the project is running. The results of the ECD show that the project will be completed in the 15th week. From the EVM calculation, the project is experiencing delays, therefore productivity calculations are carried out using the TCTO method. In the TCTO calculation of productivity (daily, normal, acceleration), duration of *crash* calculation, *crash cost, cost slope* and optimum time and cost analysis will be calculated. Calculation of TCTO is that with the addition of working hours or overtime, productivity during overtime decreases due to limited visibility due to dark night conditions. From the calculation of TCTO, duration duration was 93 days or 14 weeks with a *crash cost* of Rp. 16,058,483.

Keywords: EVM, TCTO

1. Pendahuluan

Saat ini daerah-daerah di Indonesia sedang dikembangkan agar daerah keseluruhannya dapat terkoneksi. Kota Bandung salah satu daerah yang sedang dilaksanakannya proyek *ducting fo-sr*. Pembangunan jaringan *fiber optic* tertanam dibawah tanah agar mengurangi tiang yang menonjol agar membuat Kota Bandung bebas kabel. Dengan adanya proyek *ducting fo-sr*, kota-kota dapat terkoneksi satu sama lain sehingga warga mendapat layanan yang lebih baik.

Kontraktor Bandung yang melakukan proyek *ducting fo-sr* di Summarecon Bandung sering mengalami keterlambatan dikarenakan keterbatasan sumber daya manusia, biaya, material. Perencanaan yang kurang tepat, pelaksanaan yang buruk dan bencana alam juga dapat menyebabkan keterlambatan. Seperti proyek yang dijalankan oleh PT DCM mengalami keterlambatan karena belum siapnya lahan untuk dikejakan dan juga permintaan perubahan dari pihak pemilik tender. Pengerjaan proyek *ducting fo-sr* dapat dikerjakan di tahap akhir apabila bangunan sudah siap. Dengan adanya keterlambatan proyek otomatis biaya operasional dan upah pekerja akan meningkat. Oleh karena itu manajemen proyek sangat dibutuhkan dalam kasus ini.



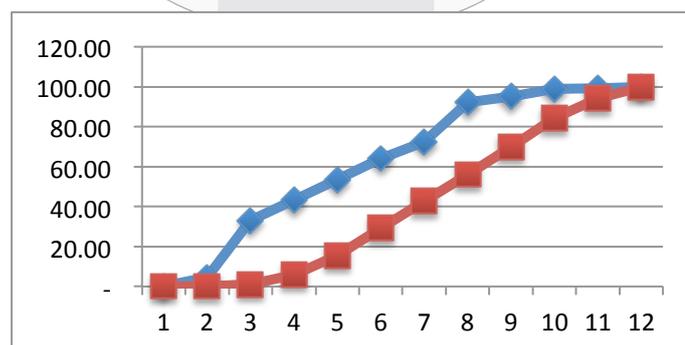
Gambar I.1 Ducting fo-sr

Dalam pengerjaan proyek untuk menghindari keterlambatan diperlukan tindakan kontrol untuk memantau suatu proyek dari fase awal sampai penutupan. Manajemen proyek dibutuhkan untuk merencanakan proyek dan mengendalikan waktu dan biaya proyek yang bisa dijadikan sebagai ukuran prestasi dari proyek. Dengan adanya manajemen proyek pihak kontraktor dapat mengetahui jika adanya penyimpangan yang signifikan agar dapat mengambil tindakan pencegahan. EVM (*Earned Value Management*) adalah salah satu metode untuk menganalisis kinerja suatu proyek. Apabila proyek yang sudah di kontrol menggunakan EVM ternyata terlambat maka perlu adanya *crashing*. TCTO (*Time Cost Trade Off*) adalah salah satu metode *crashing* yang bisa digunakan untuk mengatasi proyek yang terlambat atau *behind Schedule*.

Konsep "*Earned Value Management*" merupakan metode yang digunakan dalam pengelolaan proyek yang mengintegrasikan biaya dan waktu. Metode *Earned Value Management* sampai sekarang adalah metode yang paling tepat dan kuat untuk menghitung waktu dan biaya pada suatu proyek. Konsep *earned value* memiliki tiga 3 penyelesaian yaitu penyelesaian fisik dari proyek (*the percent complete*) yang mencerminkan rencana penyerapan biaya (*budgeted cost*), biaya actual yang telah dikeluarkan atau yang disebut *actual cost*, *earned value* adalah ukuran kerja yang dilakukan, dinyatakan dalam anggaran yang disahkan untuk pekerjaan itu. Dari ketiga dimensi tersebut, dengan menggunakan konsep *earned value*, dapat dihubungkan antara kinerja biaya dengan waktu yang berasal dari perhitungan varian dari biaya dan waktu (Flemming dan Koppelman, 1994). Berdasarkan kinerja biaya dan waktu, seorang PM dapat mengidentifikasi keseluruhan kinerja proyek maupun paket-paket pekerjaan didalamnya dan kemudian memprediksi kinerja pada biaya dan waktu penyelesaian proyek. Hasil dari evaluasi kinerja proyek dapat digunakan sebagai *early warning* jika terdapat masalah kinerja dalam penyelesaian proyek sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan.

Apabila proyek yang sudah di kontrol menggunakan EVM ternyata terlambat maka perlu adanya *crashing* untuk mengejar keterlambatan itu. TCTO (*Time Cost Trade Off*) adalah salah satu metode *crashing* yang bisa digunakan untuk mengatasi proyek yang terlambat atau *behind Schedule*.

Penelitian ini berfokus pada proyek *ducting fo-sr* Summarecon Bandung kluster magna yang berlokasi di Gedebage, kota Bandung. Proyek ini dimulai pada 17 Oktober 2018 sampai dengan 17 Januari 2019. Proyek ini berada dalam fase *controlling* dan *monitoring*. Dimana masalah yang terjadi proyek *ducting* mengalami stop setelah pengerjaan 56%. Proyek *ducting fo-sr* kluster magna sedang dalam pengerjaan dan terdapat beberapa yang belum dikerjakan dikarenakan lahan yang kosong yang belum dibangun oleh pihak Summarecon sehingga pemasangan kabel fiber optik tidak bisa dilaksanakan.



Gambar I.2 Kurva S perencanaan dan realisasi

Pada Gambar 1.1 menunjukkan kurva S bahwa tidak tercapainya target dari *plan value* dari proyek *ducting fo-sr* Summarecon Bandung *Cluster Magna*. Analisa untuk proyek ini dilakukan dengan menggunakan metode EVM untuk menyatakan proyek terlambat atau tidak dan melebihi anggaran yang disediakan atau tidak, TCTO sebagai salah satu

metode untuk melakukan pencegahan saat proyek telat.

2. Dasar Teori

2.1 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan, keterampilan, peralatan, dan teknik kegiatan proyek untuk memenuhi persyaratan proyek. Manajemen proyek dicapai melalui aplikasi yang sesuai dan integrasi proses manajemen proyek yang diidentifikasi untuk proyek. Manajemen proyek memungkinkan organisasi untuk melaksanakan proyek secara efektif dan efisien (PMBOK, 2017).

2.2 Earned Value Management

Earned Value Management (EVM) adalah suatu metode yang menggabungkan antara lingkup, jadwal, dan pengukuran sumber daya untuk menilai kinerja proyek dan kemajuan proyek (PMI, 2017). EVM dapat mengintegrasikan waktu dan biaya sehingga bisa mengetahui kemajuan suatu proyek lebih cepat atau lebih lambat dari proyek yang seharusnya dan mengetahui lebih besar atau kecilnya anggaran yang seharusnya. EVM menambahkan langkah-langkah yang harus dimasukkan kedalam proses manajemen yaitu pada proses pengendalian, dan proses yang berhubungan dengan tujuan untuk melakukan perhitungan, analisa, peramalan, pelaporan biaya dan performansi jadwal untuk evaluasi dan tindakan stakeholder proyek. Ada tiga indikator dasar yang menjadi acuan dalam menganalisis kinerja suatu proyek dalam konsep Earned Value Management. yaitu :

1. Planned Value (PV) adalah anggaran resmi yang ditugaskan untuk pekerjaan jadwal (PMI, 2017). Pada setiap titik waktu, direncanakan nilai yang mendefinisikan pekerjaan yang seharusnya sudah dilaksanakan. Rencana ini dilaporkan untuk pekerjaan secara kumulatif sampai periode pelaporan tertentu.
2. Earned Value (EV) adalah ukuran kerja yang dilakukan, dinyatakan dalam anggaran yang disahkan untuk pekerjaan itu (PMI, 2017). Ini adalah anggaran yang terkait dengan pekerjaan resmi yang telah selesai. EV yang diukur harus terkait dengan Performance Measurement baseline (PMB), dan EV yang diukur tidak boleh lebih besar dari anggaran PV resmi.
3. Actual Cost (AC) adalah biaya realisasi yang terjadi untuk pekerjaan yang dilakukan pada suatu kegiatan selama periode waktu tertentu (PMI, 2017). Total biaya yang dikeluarkan dalam menyelesaikan pekerjaan yang diukur EV. AC harus sesuai dengan definisi untuk apa yang dianggarkan dalam PV lalu diukur didalam EV.

2.3 Analisis Varians

Variance analysis adalah teknik untuk menentukan penyebab dan tingkat perbedaan antara baseline dan kinerja aktual (PMBOK, 2017). Berikut adalah analisis varians yaitu:

1. *Schedule Variance (SV)* adalah hasil *Earned Value (EV)* dikurangi *Planned Value (PV)*. Hasil yang didapatkan dari EV- PV menunjukkan tentang pelaksanaan pekerjaan proyek. Harga SV adalah nol (SV = 0) saat proyek sudah selesai karena semua *Planned Value (PV)* telah dihasilkan.

$$SV = EV - PV$$

2. *Cost Variance (CV)* adalah hasil dari *Earned Value (EV)* dikurangi *Actual Cost (AC)*. Hasil yang didapatkan dari EV - AC saat akhir proyek akan berbeda antara *Budgeted At Cost (BAC)* dan *Actual Cost (AC)* yang dikeluarkan.

$$CV = EV - AC$$

3. *Schedule Performance Indeks (SPI)* adalah faktor efisiensi kinerja menyelesaikan suatu pekerjaan pada proyek dapat dilihat oleh perbandingan antara nilai pekerjaan secara fisik yang telah diselesaikan (EV) dengan rencana awal pengeluaran biaya yang dikeluarkan sesuai rencana pekerjaan (PV).

$$SPI = EV / PV$$

SPI = 1 : Proyek tepat waktu

SPI > 1 : Proyek lebih cepat

SPI < 1 : Proyek terlambat

4. *Cost Performance Indeks (CPI)* adalah faktor efisien biaya yang sudah dikeluarkan dapat dilihat dengan membandingkan antara nilai pekerjaan secara fisik yang telah diselesaikan (EV) dengan biaya yang sudah dikeluarkan dalam periode yang sama (AC).

$$CPI = EV / AC$$

CPI = 1 : Biaya sesuai rencana

CPI > 1 : Biaya lebih kecil

CPI < 1 : Biaya lebih besar

2.4 TCTO

TCTO adalah suatu cara permalan jadwal penyerlesaian proyek dengan memperhatikan produktivitas harian rata-rata proyek. Untuk menghitung TCTO terdapat 3 poin yang perlu dihitung yaitu Perhitungan produktivitas harian normal dan percepatan, Perhitungan *crash duration crash cost dan cost slope*, Perhitungan waktu dan biaya optimum.

1. Perhitungan produktivitas harian, normal dan percepatan
 - a. Produktivitas harian normal = Volume pekerjaan / Durasi normal
 - b. Produktivitas normal/jam = Produktivitas harian normal / 8 jam/hari
 - c. Produktivitas jam lembur = 3 jam x Produktivitas normal/jam x 0.80
 - d. Produktivitas harian percepatan = (Produktivitas normal/jam + Produktivitas jam lembur) x 8

2. Perhitungan crash duration, crash cost, cost slope
 - a. $\text{Crash duration} = \text{Durasi normal} - ((\text{Volume pekerjaan} / \text{Produktivitas harian percepatan}) / 8)$
 - b. $\text{Upah normal/jam} = \text{Harga satuan pekerjaan} \times \text{Produktivitas normal/jam}$
 - c. $\text{Upah normal/hari} = \text{Upah normal/jam} \times 8$
 - d. $\text{Upah 3 jam lembur/hari} = (1,5 \times \text{Upah normal/jam}) + 2 \times (2 \times \text{Upah normal/jam})$
 - e. $\text{Cost upah percepatan /hari} = (\text{Normal cost} + \text{Upah 3 jam lembur/hari})$
 - f. $\text{Cost upah/hari} = \text{Normal cost} + \text{Cost upah percepatan/hari}$
 - g. $\text{Cost bahan} = \text{Volume pekerjaan} \times \text{Cost bahan percepatan/hari}$
 - h. $\text{Cost alat} = \text{Volume pekerjaan} \times \text{Cost alat percepatan/hari}$
 - i. $\text{Crash cost} = \text{Cost upah/hari} + \text{Cost bahan} + \text{Cost alat}$
 - j. $\text{Cost slope} = (\text{Crash Cost} - \text{Normal cost}) / (14-13)$
3. Perhitungan Waktu dan Biaya optimum
 - a. $\text{Biaya percepatan dengan penambahan tenaga kerja} = \text{Biaya percepatan pada pekerjaan kritis} + \text{biaya normal pada pekerjaan kritis}$
 - b. $\text{Keuntungan kontraktor} = \text{Harga kontrak} \times 15\%$
 - c. $\text{Total biaya setelah dikurangi keuntungan kontraktor} = \text{Harga kontrak} - \text{Keuntungan kontraktor}$
 - d. $\text{Keuntungan kontraktor setelah percepatan} = \text{keuntungan kontraktor} - \text{Biaya percepatan dengan penambahan tenaga kerja}$
 - e. $\text{Biaya proyek dengan penambahan tenaga kerja} = \text{Harga kontrak} + \text{Biaya penambahan tenaga kerja}$

3. Pembahasan

3.1 Earned Value Management

Konsep *Earned Value* yaitu konsep menghitung besarnya biaya yang dikeluarkan menurut anggaran dengan pekerjaan yang sudah diselesaikan. Berarti konsep ini menghitung pekerjaan yang sudah diselesaikan. Baseline adalah proyek asli ditambah dengan perubahan-perubahan yang disetujui. Informasi actual termasuk juga apakah item-item WBS telah selesai atau berapa perkiraan banyak pekerjaan yang sudah terselesaikan. *Earned Value Analysis* meliputi perhitungan terhadap pada 3 nilai :

Tabel 3.1 PV, AC, EV

Minggu	PV	AC	EV
1	0	0	0
2	16,500,000	0	0
3	114,337,750	48,370,000	1,143,378
4	149,601,850	73,370,000	8,976,111
5	185,751,450	88,370,000	29,720,232
6	222,404,033	103,370,000	64,497,170
7	251,402,617	118,413,748	108,103,125
8	320,026,200	135,043,748	179,214,672
9	329,133,950		
10	342,528,450		
11	344,028,450		
12	346,528,450		
TOTAL	346,528,450	135,043,748	179,214,672
	BCWS	ACWP	BCWP

Berdasarkan tabel IV.5 bisa dilihat bahwa hasil akumulatif dari AC akan menghasilkan Actual Cost Work Performance sebesar Rp.135.043.748, akumulasi PV akan menghasilkan Budgeted Cost for Work Schedule sebesar Rp. 346.528.450, akumulasi dari EV akan menghasilkan Budgeted Cost for Performed sebesar Rp. 179.214.672.

3.2 Variance Analysis

Analisis Varians digunakan untuk melihat perbedaan antara kinerja yang dijadwalkan dengan hasil kinerja actual. Schedule Variance (SV) merupakan pengukuran kinerja terhadap jadwal yang dinyatakan sebagai selisih antara nilai EV dan PV. Untuk mengukur performa biaya dan waktu menggunakan Cost Performance Index (CPI) dan Schedule Performance Index (SPI). Cost Variance (CV) adalah dengan mengurangi EV dan AC. Jika hasilnya negative berarti biaya melakukan pekerjaan lebih besar dari biaya yang direncanakan. Dan jika sebaliknya hasil CV positif maka biaya melakukan pekerjaan lebih kecil dari biaya yang sudah direncanakan. Schedule Variance (SV) adalah hasil pengurangan EV dan PV. Jika nilainya negative, waktu pekerjaan melebihi dari yang sudah direncanakan (behind schedule atau memakan waktu lebih lama dibanding dengan yang sudah direncanakan). Dan jika hasilnya positif

berarti waktu yang dibutuhkan lebih kecil disbanding dengan yang sudah direncanakan (pekerjaan selesai lebih cepat). Berikut pada table IV.6 adalah perhitungan Variance Analysis pada proyek Summarecon Bandung cluster magna :

Tabel 3.2 SV dan CV

Minggu	SV	CV
1	0	0
2	0	0
3	-113,194,373	-47,226,623
4	-140,625,739	-64,393,889
5	-156,031,218	-58,649,768
6	-157,906,864	-38,872,830
7	-143,299,492	-10,310,623
8	-140,811,528	44,170,924

3.3 Performance Index Analysis

Analisis ini bisa digunakan untuk melihat bagaimana performa kinerja dari proyek. Cost Performance Index adalah ratio dari EV terhadap AC (EV/AC) dan digunakan untuk mengestimasi proyeksi biaya penyelesaian proyek. Jika $CPI = 1$ atau 100% , maka biaya yang direncanakan dan realisasi biayanya sesuai dengan perencanaan awal proyek. Dan jika proyek lebih kecil dari 1 atau 100%, maka proyek over budget. Jika hasilnya lebih besar dari 1 atau 100%, maka proyek under budget. Schedule Performance Index adalah rasion dari EV terhadap PV (EV/PV) dan digunakan untuk mengestimasi proyeksi waktu penyelesaian proyek. Jika $SPI = 1$ atau 100%, maka waktu yang direncanakan dan realisasi waktu sesuai dengan perencanaan awal proyek. Dan jika proyek lebih kecil dari 1 atau 100%, maka proyek behind schedule atau terlambat. Jika hasilnya lebih besar dari 1 atau 100%, maka proyek lebih cepat (ahead of schedule).

Tabel 3.3 SPI, CPI, dan TCPI

Minggu	SPI	CPI	TCPI
1	0	0	1
2	0	0	1
3	0.010	0.02	1.158
4	0.060	0.12	1.236
5	0.160	0.34	1.227
6	0.290	0.62	1.160
7	0.430	0.91	1.045
8	0.560	1.33	0.791

3.4 Forecasting

Forecasting digunakan untuk melihat dan memprediksi kinerja biaya dan waktu proyek kedepannya. Estimate at Completion (EAC) adalah biaya estimasi yang diperlukan sampai proyek selesai (pada waktu tertentu, saat proyek dievaluasi dengan EVM), terdapat 2 jenis EAC yaitu $EAC1 = BAC/CPI$ pada saat pekerjaan akan cenderung menjadi tidak efisien. $EAC2 = AC + (BAC - EV)$ saat pekerjaan selanjutnya akan kembali pada rencana awal dan yakin BAC akan tercapai. Estimate to Complete (ETC) adalah estimasi waktu penyelesaian proyek (pada waktu tertentu, proyek dievaluasi dengan metode EVM) $ETC1 = (BAC - EV)/CPI$. CPI pada saat pekerjaan kedepan akan cenderung menjadi tidak efisien. $ETC2 = BAC - EV$,saat pekerjaan selanjutnya akan kembali pada rencana awal dan yakin BAC akan tercapai. $ECD = (sisa\ hari\ kerja/SPI) + total\ hari\ kerja\ yang\ sudah\ terpakai$. Berdasarkan rumus diatas dibuatlah table IV.8 Hasil perhitungan Forecasting.

Tabel.3.4 Forecasting

EAC1	EAC2	ETC1	ETC2	VAC1	VAC2	ECD
261,119,807	302,357,526	126,076,060	167,313,778	85,408,643	44,170,924	15

Berdasarkan table IV.8 dapat diketahui total EAC1 adalah Rp. 261.110.807 dan total dari EAC2 adalah Rp. 302.357.526. Sedangkan untuk ETC1 adalah Rp. 126.076.060 dan ETC2 adalah Rp. 167.313.778.

3.5 Perhitungan Produktivitas Harian, Normal, dan Percepatan

Produktivitas harian percepatan diperoleh dari jumlah produktivitas mingguan normal dengan produktivitas pekerjaan saat jam lembur per minggu. Penambahan jam kerja lembur sesuai peraturan yang dilakukan 3 jam per harinya, sedangkan produktivitas pekerja pada jam lembur diasumsikan mengalami penurunan, dan hanya diperhitungkan sebesar 80% dari produktivitas jam kerja reguler.

1.Menghitung Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan = 974.15

2.Menghitung Harga Satuan

Harga satuan = Rp. 31.500 /m³

3. Durasi normal

Durasi normal = 2 minggu / 14 hari

4. Produktivitas harian normal

$$= \frac{974.15}{14 \text{ hari}} = 69.58 \text{ m}^3/\text{hari} = 487.06 \text{ m}^3/\text{minggu}$$

5. Produktivitas normal/jam

$$\frac{69.58}{8 \text{ jam/hari}} = 8.7 \text{ m}^3/\text{jam}$$

6. Produktivitas jam lembur

Produktivitas jam lembur = 3 x produktivitas normal/jam x 0.80

$$= 3 \times 8.70 \times 0.80 = 20.87 \text{ m}^3/\text{jam}$$

7. Produktivitas harian percepatan

= (produktivitas harian /jam + produktivitas jam lembur) x 8

$$= (69.58 + 20.87)$$

$$= 90.46 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan cara yang sama perhitungan produktivitas harian, normal dan percepatan sebagai berikut :

Tabel.3.5 Perhitungan produktivitas harian, normal, dan percepatan

NO	URAIAN PEKERJAAN	Durasi (minggu)	SAT	VOL	HARGA SATUAN	NORMAL COST	DURASI NORMAL	PRODUKTIVITAS HARIAN NORMAL	PRODUKTIVITAS NORMAL PER JAM	PRODUKTIVITAS JAM LEMBUR	PRODUKTIVITAS HARIAN PERCEPATAN
				a	b	c	d	e = a / d	f = e / 8	g = 3 x f x 0.8	h = (f+g) x 8
II.	PEKERJAAN DUCTING FO-SR										
H	Galian tanah	2	m'	974.15	31,500	26,301,927	14	69.58	8.70	20.87	90.46
I	Pasir urug 20 cm	1	m'	918.48	28,750	22,005,250	7	131.21	16.40	39.36	170.57
J	Urug tanah kembali dan perapihan	1	m'	1,530.80	8,750	13,394,500	7	218.69	27.34	65.61	284.29
K	Pekerjaan dan pemasangan Handhole type A (uk. 700x500x850 mm)	3	unit	6.43	2,347,000	12,070,286	21	0.31	0.04	0.09	0.40
L	Pekerjaan dan pemasangan Handhole type B (uk. 700x500x850 mm)	3	unit	16.33	2,347,000.00	32,858,000	21	0.78	0.10	0.23	1.01
M	Pekerjaan dan pemasangan Manhole uk. 134x84x127 cm	3	unit	1.67	4,355,000	5,806,667	21	0.08	0.01	0.02	0.10
	PENGADAAN MATERIAL										
N	Pengadaan Pipa HDPE 50/42 (untuk ducting FO distribusi ODP ke ODP)	1	m'	932.00	23,250	18,057,500	7	133.14	16.64	39.94	173.09
O	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 4" (untuk ducting FO distribusi ODC induk ke ODP distribusi)	1	m'	88.53	75,000	5,533,333	7	12.65	1.58	3.79	16.44
P	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 3" (untuk ducting SR ODP ke ODP sambungan rumah)	1	m'	733.67	48,500	29,652,361	7	104.81	13.10	31.44	136.25
Q	Pengadaan Batu pelindung uk. 300x150 mm (beton dengan ram kawat)	4	pcs	5,102.67	4,500	22,962,000	28	182.24	22.78	54.67	236.91
	PEKERJAAN PEMASANGAN										
R	Pemasangan Pipa HDPE 50/42 (untuk ducting FO distribusi ODP ke ODP)	3	m'	978.60	5,000	4,194,000	21	46.60	5.83	13.98	60.58
S	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 4" (untuk ducting FO distribusi ODC induk ke ODP distribusi)	3	m'	92.96	5,000	398,400	21	4.43	0.55	1.33	5.75
T	Pemasangan Pipa PVC AW dia. 3" (untuk ducting SR ODP ke ODP sambungan rumah)	3	m'	770.35	5,000	3,301,500	21	36.68	4.59	11.01	47.69
U	Pemasangan Batu pelindung uk. 300x150 mm (beton dengan ram kawat)	1	pcs	5,102.67	750	3,827,000	7	728.95	91.12	218.69	947.64

3.6 Perhitungan Crash Cost, Crash Duration, dan Cost slope

Setelah didapatkan hasil besarnya produktivitas harian percepatan pekerjaan kritis, maka langkah selanjutnya adalah menghitung durasi percepatan (*Crash Duration*) dan biaya langsung percepatan (*Crash Cost*). Perhitungan *crash duration* ini digunakan untuk mendapatkan batasan waktu maksimal suatu aktivitas mampu untuk dilakukan *crashing* (*crashability*), sedangkan perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari *slope* biaya (*Cost Slope*) masing – masing aktivitas. Perhitungan *crash duration*, *crash cost* dan *cost slope* untuk pekerjaan galian tanah sebagai berikut :

1. Volume pekerjaan

$$\text{Volume pekerjaan} = 974.15$$

2. Durasi Percepatan

$$\text{Durasi percepatan} = 13$$

3. Normal Cost

$$\text{Normal cost} = \text{Rp. } 26.301.927$$

4. Durasi Normal

$$\text{Durasi normal} = 14 \text{ hari}$$

5. Produktivitas Normal /hari

Produktivitas normal/hari = $69.58 \text{ m}^3/\text{hari}$

6. Produktivitas Normal/jam

Produktivitas normal/jam = $8.70 \text{ m}^3/\text{jam}$

7. Produktivitas Lembur/jam

Produktivitas lembur/jam = $20.87 \text{ m}^3/\text{jam}$

8. Produktivitas Harian Percepatan

Produktivitas harian percepatan = $90.46 \text{ m}^3/\text{hari}$

9. *Crash Duration*

= $14 - ((974.15 \text{ m}^3 / 90.46 \text{ m}^3/\text{hari}) / 8) = 13 \text{ hari}$

10. Upah Normal/jam

Upah normal/jam = $31.500/\text{m}^3 \times 8.70 \text{ m}^3/\text{jam}$
= Rp. 273.980/jam

11. Upah Normal/hari

Upah normal/hari = Rp. 273.980/jam x 8
= Rp. 2.191.838/hari

12. Upah 3 jam Lembur/hari

Upah 3 jam lembur/hari = $(1,5 \times \text{Rp. } 273.980) + 2 \times (2 \times \text{Rp. } 273.980)$
= Rp. 1.506.888/hari

13. *Cost Upah Percepatan/hari*

Cost upah percepatan/hari = $(\text{Rp. } 26.301.927 + \text{Rp. } 1.506.888) / 13$
= Rp. 2.139.140

14. *Cost Upah/hari*

Cost upah/hari = $\text{Rp. } 26.301.927 + \text{Rp. } 2.139.140/\text{hari}$
= Rp. 28.441.067

15. *Cost Bahan*

Cost bahan = $1.530,80 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 0/\text{m}^3$
= Rp. 0

16. *Cost Alat*

Cost alat = $1.530,80/\text{m}^3 \times \text{Rp. } 0/\text{m}^3$
= Rp. 0

17. *Crash Cost*

Crash cost = $\text{Rp. } 28.441.067 + \text{Rp. } 0 + \text{Rp. } 0$
= Rp. 28.441.067

18. *Cost Slope*

Cost slope = $(\text{Rp. } 28.441.067 - \text{Rp. } 26.301.927) / (14 - 13)$
= Rp. 2.139.140

Denagn cara yang sama perhitungan *crash duration*, *crash cost*, dan *cost slope* kegiatan kritis dapat diketahui. Pekerjaan durasi normal dan durasi crash adalah sebagai berikut :

Tabel 3.6 Perhitungan *Crash Duration*

NO	URAIAN PEKERJAAN	NORMAL COST	DURASI NORMAL	DURASI CRASH (HARI)	UPAH NORMAL PER JAM
		c	d		
II.	PEKERJAAN DUCTING FO-SR				
H	Galian tanah	26,301,927	14	13	273,980
I	Pasir urug 20 cm	22,005,250	7	6	471,541
J	Urugan tanah kembali dan perapihan	13,394,500	7	6	239,188
K	Pekerjaan dan pemasangan Handhole type A (uk. 700x500x850 mm)	12,070,286	21	19	89,829
L	Pekerjaan dan pemasangan Handhole type B (uk. 700x500x850 mm)	32,858,000	21	19	228,134
M	Pekerjaan dan pemasangan Manhole uk. 134x84x127 cm	5,806,667	21	19	43,291
	PENGADAAN MATERIAL				
N	Pengadaan Pipa HDPE 50/42 (untuk ducting FO distribusi ODP ke ODP)	18,057,500	7	6	386,946
O	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 4" (untuk ducting FO distribusi ODC induk ke ODP distribusi)	5,533,333	7	6	118,567
P	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 3" (untuk ducting SR ODP ke ODP sambungan rumah)	29,652,361	7	6	635,411
Q	Pengadaan Batu pelindung uk. 300x150 mm (beton dengan ram kawat)	22,962,000	28	25	102,509
	PEKERJAAN PEMASANGAN				
R	Pemasangan Pipa HDPE 50/42 (untuk ducting FO distribusi ODP ke ODP)	4,194,000	21	19	29,125
S	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 4" (untuk ducting FO distribusi ODC induk ke ODP distribusi)	398,400	21	19	2,767
T	Pemasangan Pipa PVC AW dia. 3" (untuk ducting SR ODP ke ODP sambungan rumah)	3,301,500	21	19	22,927
U	Pemasangan Batu pelindung uk. 300x150 mm (beton dengan ram kawat)	3,827,000	7	6	68,339

Pada Tabel IV. 8 dapat dibuat diagram network setelah dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, maka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek ducting fo-sr cluster magna Summarecon Bandung adalah 47 hari (6 minggu 5 hari), dapat dipercepat 2 hari dari perencanaan awal yaitu 49 hari (7 minggu).

Tabel 3.7 Perhitungan *Crash Cost* dan *Cost Slope*

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA SATUAN	NORMAL COST	DURASI NORMAL	DURASI CRASH (HARI)	UPAH NORMAL PER JAM	CRASH COST	COST SLOPE
		b	c	d				
II.	PEKERJAAN DUCTING FO-SR							
H	Galian tanah	31,500	26,301,927	14	13	273,980	28,441,067	2,139,140
I	Pasir urug 20 cm	28,750	22,005,250	7	6	471,541	26,105,038	4,099,788
J	Urugan tanah kembali dan perapihan	8,750	13,394,500	7	6	239,188	15,846,172	2,451,672
K	Pekerjaan dan pemasangan Handhole type A (uk. 700x500x850 mm)	2,347,000	12,070,286	21	19	89,829	12,731,567	330,641
L	Pekerjaan dan pemasangan Handhole type B (uk. 700x500x850 mm)	2,347,000.00	32,858,000	21	19	228,134	34,653,407	897,704
M	Pekerjaan dan pemasangan Manhole uk. 134x84x127 cm	4,355,000	5,806,667	21	19	43,291	6,124,812	159,073
	PENGADAAN MATERIAL							
N	Pengadaan Pipa HDPE 50/42 (untuk ducting FO distribusi ODP ke ODP)	23,250	18,057,500	7	6	386,946	21,421,784	3,364,284
O	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 4" (untuk ducting FO distribusi ODC induk ke ODP distribusi)	75,000	5,533,333	7	6	118,567	6,564,242	1,030,909
P	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 3" (untuk ducting SR ODP ke ODP sambungan rumah)	48,500	29,652,361	7	6	635,411	35,176,881	5,524,520
Q	Pengadaan Batu pelindung uk. 300x150 mm (beton dengan ram kawat)	4,500	22,962,000	28	25	102,509	23,903,032	313,677
	PEKERJAAN PEMASANGAN							
R	Pemasangan Pipa HDPE 50/42 (untuk ducting FO distribusi ODP ke ODP)	5,000	4,194,000	21	19	29,125	4,423,168	114,584
S	Pengadaan Pipa PVC AW dia. 4" (untuk ducting FO distribusi ODC induk ke ODP distribusi)	5,000	398,400	21	19	2,767	420,169	10,885
T	Pemasangan Pipa PVC AW dia. 3" (untuk ducting SR ODP ke ODP sambungan rumah)	5,000	3,301,500	21	19	22,927	3,481,900	90,200
U	Pemasangan Batu pelindung uk. 300x150 mm (beton dengan ram kawat)	750	3,827,000	7	6	68,339	4,527,478	700,478

3.7 Perhitungan Waktu dan Biaya Optimum

Setelah dilakukan perhitungan crash duration, crash cost, dan cost slope kemudian dilakukan analisis waktu dan biaya optimum setelah percepatan sebagai berikut :

Tabel 3.8 Perhitungan Waktu dan Biaya Optimum

Sebelum percepatan			Setelah Percepatan		Perubahan	
Total biaya proyek normal	Durasi normal	Biaya normal pada pekerjaan kritis	Durasi percepatan	Biaya percepatan pada pekerjaan kritis	Selisih durasi percepatan	Penambahan biaya akibat durasi percepatan
a	b	c	d	e	f = b-d	g = e-c
211,484,702	49	116,263,630	43	128,429,540.52	6	12,165,910.86

Hasil dari perhitungan pada table IV.10 dapat diketahui bahwa biaya proyek *ducting fo-sr cluster* magna Summarecon Bandung sebagai berikut :

1. Rencana Anggaran biaya pekerjaan sisa proyek dengan waktu 49 hari adalah sebesar Rp. 211.484.702
2. Biaya percepatan dengan penambahan tenaga kerja adalah sebagai berikut :
Biaya percepatan pada pekerjaan kritis – Biaya normal pada pekerjaan kritis = Rp. 12.165.910
3. Keuntungan kontraktor sebesar 15%
= Rp. 346.528.450 x 15%
= Rp. 51.979.267
4. Total biaya setelah dikurangi keuntungan kontraktor sebesar 15%
= Rp. 346.528.450 – Rp. 51.979.267
= Rp. 294.549.183
5. Keuntungan kontraktor setelah percepatan
= Rp. 51.979.267 – Rp. 12.165.910
= Rp. 39.813.357
6. Biaya proyek dengan penambahan tenaga kerja adalah
= Rencana anggaran proyek + biaya penambahan biaya kerja
= Rp. 294.549.183 + Rp. 12.165.910 = Rp. 306.715.093

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengolahan dan analisis data pada proyek *ducting fo-sr cluster* magna Summarecon Bandung maka dibuatlah usulan kepada PT.DCM untuk :

1. Berdasarkan kurang baiknya performansi dari proyek *ducting fo-sr cluster* magna Summarecon Bandung, maka menurut penulis perlu adanya pemantauan proyek secara lebih rinci terhadap proyek-proyek PT.DCM sehingga dapat mengetahui bagaimana performansi penyelesaian proyek yang sedang berlangsung. Disarankan kepada PT.DCM untuk menggunakan metode *Earned Value Management* untuk mengukur performansi kinerja proyek-proyek selanjutnya.
2. Perlu adanya pembentukan tim penjadwalan pekerjaan pada proyek-proyek PT.DCM agar pekerjaan lebih teratur dan terhindar dari keterlambatan maupun *over budget*. Tim penjadwalan juga bisa menyusun jadwal baru apabila terpantau performa pengerjaan proyek menurun setelah dilakukan analisa *Earned Value Management*.
3. Berdasarkan hasil yang didapatkan oleh metode *Earned Value Management* ,setelah mengetahui bahwa proyek terlambat disarankan untuk melakukan perhitungan produktivitas atau *crashing* agar dapat mengejar target penyelesaian proyek tepat waktu dengan penambahan tenaga kerja. Dengan perhitungan produktivitas ini juga pihak PT.DCM dapat mengetahui keuntungannya dari menjalani proyek *ducting fo-sr cluster* magna Summarecon Bandung setelah dilakukan *crashing*.

Daftar Pustaka:

- [1] G. Radhika, "EARNED VALUE MANAGEMENT SYSTEM," International Journal of Engineering Research and Technology, Vol.2 No.2, 2014.
- [2] W. Laura L, V. Mario, "Classification of articles and journals on project control and earned value management," International Journal of Project Management 33 (2015) 1610 – 1634
- [3] H. Awad S, " Using the Earned Value Management System to Improve Electrical Project Control" Journal of Construction engineering and Management ASCE 2012.
- [4] Project Management Institute. (2017). *Project Management Body of Knowledge: A Guide to the Project Management Body of Knowledge 6th Edition*. Newton Square: Project Management Institute.
- [5] Alberto De Marco, Timur Narbaev "Earned value-based performance monitoring of facility construction projects" *Journal of Facilities Management* Vol. 11 No. 1, 2013.
- [6] Rotich Hillary "Earned Value Management and Performance of Youth Funded Projects in Kenya" Vol 5 issue 4 2017.

