

PERANCANGAN JADWAL PROYEK UNTUK PERCEPATAN PENYELESAIAN PROYEK FIBER TO THE HOME MENGGUNAKAN METODE PERT-CPM DAN CRASHING (LOKASI JL. SUKAPURA)

DESIGNING A PROJECT SCHEDULE TO ACCELERATE FIBER TO THE HOME PROJECT USING PERT-CPM AND CRASHING METHODS (LOCATION JL. SUKAPURA)

Muhammad Fauzi Rofiq¹, Ika Arum Puspita S.T., M.T², Dr. Mohammad Deni Akbar, ST. M.Math³

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

¹ozyrofiq@student.telkomuniversity.ac.id, ²ikaarumpuspita@telkomuniveristy.co.id,

³denimath@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT.XYZ memiliki proyek perluasan jaringan FTTH (fiber to the home) berlokasi di jalan Sukapura Bojongsoang Bandung. Namun, proyek mengalami penundaan pekerjaan akibat adanya bencana Covid-19 yang menunda pekerjaan instalasi di lapangan. Bencana Covid-19 mengakibatkan instalasi pemasangan tiang dan penarikan kabel tidak mendapat izin dari warga setempat dan pimpinan unit, Sehingga proyek mengalami penundaan selama 3 hari dan berkemungkinan terlambat. Proyek ini memiliki durasi normal 40 hari dengan total biaya sejumlah Rp 159.697.378. Hasil penerapan percepatan proyek pada pengolahan data menunjukkan proyek FTTH Jl. Sukapura dapat diselesaikan dalam 35 hari dengan total biaya yang tidak berubah Rp 159.697.378, hal ini disebabkan karena PT.XYZ harus membayar anggaran yang sama besar, ketika memperkerjakan 1 orang selama 4 hari bekerja, dan 4 orang selama 1 hari bekerja. Proyek FTTH Jl. Sukapura dianalisa menggunakan metode PERT-CPM untuk mengetahui probabilitas sebelum dan sesudah diterapkannya percepatan. Maka diperoleh nilai probabilitas sebelum di terapkannya percepatan proyek sebesar 40% dengan expected time 41 hari, dan nilai probabilitas sesudah di terapkannya percepatan proyek 87,7% dengan expected time 36 hari.

Kata kunci : penjadwalan proyek, Percepatan Jadwal, *Crashing*, *Critical Path Method*, *Project Evaluation Review Technic*, penambahan jumlah tenaga kerja.

Abstract

PT.XYZ has a FTTH (fiber to the home) network expansion project located on Jalan Sukapura Bojongsoang Bandung. However, the project experienced work delays due to the Covid-19 disaster which delayed installation work in the field. The Covid-19 disaster resulted in the installation of installing poles and pulling cables not getting permission from local residents and unit leaders, so that the project was delayed for 3 days and possibly too late. This project has a normal duration of 40 days with a total cost of IDR 159,697,378. The results of implementing project acceleration in data processing show the FTTH project Jl. Sukapura can be completed in 35 days with a total cost that has not changed Rp. 159,697,378, this is because PT. XYZ has to pay the same budget, when it employs 1 person for 4 working days, and 4 people for 1 day of work. FTTH Project Jl. Sukapura was analyzed using the PERT-CPM method to determine the probability before and after the implementation of acceleration. Then the probability value prior to the implementation of the project acceleration is 40% with an expected time of 41 days, and the probability value after implementing the project acceleration is 87.7% with an expected time of 36 days.

Keywords: project scheduling, Schedule Acceleration, *Crashing*, *Critical Path Method*, *Project Evaluation Review Technic*, additional workforce.

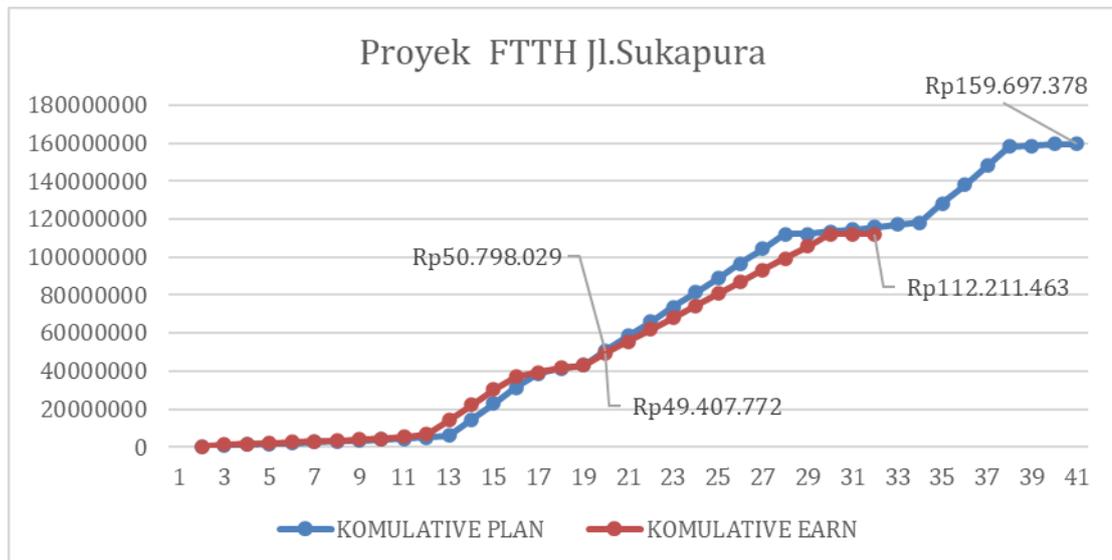
1. Pendahuluan

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak pada layanan telekomunikasi yang sekaligus merupakan penyedia layanan internet terbesar di Indonesia. Layanan-layanan tersebut dapat didukung dengan adanya teknologi *fiber optic* yang merupakan sebuah saluran transmisi jenis kabel yang terbuat dari serat kaca. Proyek perluasan jaringan *fiber optic* memiliki nama "Fiber to the Home" atau sering disebut juga proyek FTTH. PT.XYZ hingga saat ini terus mengerjakan perluasan proyek FTTH diseluruh Indonesia untuk memenuhi kebutuhan internet pelanggan-pelanggannya. Jumlah pelanggan yang semakin bertambah dari tahun ke tahun menuntut PT.XYZ untuk terus mengerjakan proyek FTTH ini. Bertambah luasnya jaringan FTTH dari tahun ke tahun dapat dilihat dari bertambahnya sentral telepon otomatis (STO), jumlah port optic dan jumlah pengguna layanan berbasis fiber optic. Jumlah tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1 berdasarkan annual reports PT.XYZ tahun 2018 dan 2019.

Tabel 1. 1 Jumlah pelanggan tahun 2018 & 2019

	Tahun 2018	Tahun 2019
Jumlah STO / Clouds	268	500
Jumlah Optical Port	9,1 juta	10,9 juta
Jumlah Pelanggan	26,6 juta	30 juta

Salah satu proyek FTTH yang dikerjakan PT.XYZ berlokasi di Jl. Sukapura Dayeuhkolot Kab.Bandung. Penulis melakukan analisa terhadap kinerja proyek menggunakan *earned value method*. Karena adanya bencana Covid-19 sehingga pekerjaan proyek tertunda selama 3 hari kerja. Ketika proyek berlanjut, timbulah masalah keterlambatan pada periode hari ke-19 dan selanjutnya, kesimpulan ini berdasarkan pemantauan *earned value* yang lebih rendah dari *Planned value*. Grafik 1.1 menjelaskan perbandingan bobot *earned value* terhadap *planned value* proyek FTTH Jl. Sukapura.



Gambar 1. 1 Kurva S proyek FTTH Jl. Sukapura

Berdasarkan Gambar 1.1, proyek FTTH Jl. Sukapura mengalami keterlambatan mulai periode hari ke-19 dengan earn value senilai Rp 49.407.772 atau sebesar 31,24% yang lebih rendah dari pada planed value senilai Rp50.798.029 atau sebesar 30,4% dengan selisih earn value dan planed value sebesar Rp 1.390.275. Keterlambatan ini terus berpengaruh hingga periode hari ke-31 dengan earn value senilai Rp 112.211.463 atau sebesar 69,69% yang lebih rendah terhadap planed value-nya senilai Rp115.817.451 atau sebesar 72,38% dengan selisih earn value dan planed value sebesar Rp 3.605.989.

Untuk mengetahui adanya gejala keterlambatan dan langkah menangani keterlambatan proyek untuk selesai tepat waktu. Proyek FTTH Jl. Sukapura menggunakan metode *earn value analysis* digunakan untuk pemantauan proyek sehingga pengelola proyek dapat mengetahui status keterlambatan jadwal proyek. Metode CPM-PERT sebagai langkah untuk mengendalikan (controlling) jadwal yang terlambat tersebut. Metode CPM merupakan langkah untuk mengetahui durasi keseluruhan pekerjaan dengan kondisi tepat biaya sesuai dengan apa yang direncanakan. Sedangkan PERT adalah metode yang memperkuat analisa CPM berdasarkan probabilitas hasil literasi perbandingan waktu normal, waktu pesimis dan waktu optimis. Pada pengendalian jadwal proyek memungkinkan dilakukannya percepatan jadwal untuk menyelesaikan proyek tepat waktu. Percepatan dapat dilakukan dengan metode crashing dengan memadatkan durasi aktifitas disertai penambahan sumber daya. Perlu diketahui percepatan jadwal proyek menggunakan metode crashing memerlukan sumber daya tambahan yang menuntut bertambahnya biaya proyek.

2. Landasan teori

2.1 Pengertian Manajemen Proyek

Sebuah proyek adalah upaya sementara yang dilakukan untuk menciptakan produk, layanan, atau hasil yang unik. Definisi proyek pada PMBOK menyampaikan bahwa pekerjaan pada proyek bersifat sementara yang memiliki arti lebih spesifik proyek merupakan pekerjaan yang memiliki waktu mulai dan waktu berakhir dengan spesifikasi pekerjaannya yang memiliki perbedaan antara proyek satu dengan proyek yang lain. Hasil pekerjaan pada proyek dapat berbentuk layanan jasa ataupun berbentuk produk yang diserahkan pada pelanggan proyek (PMBOK Body Guide, 2017). Proyek dapat menghasilkan hasil yang bersifat sosial, ekonomi, material, atau lingkungan

Proyek adalah cara kunci untuk menciptakan nilai dan manfaat dalam organisasi. Manajemen proyek adalah penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik untuk kegiatan proyek sehingga memenuhi persyaratan proyek. Manajemen proyek memungkinkan organisasi untuk melaksanakan proyek secara efektif dan efisien dalam menciptakan nilai tambah (*PMBOK Body Guide*, 2017).

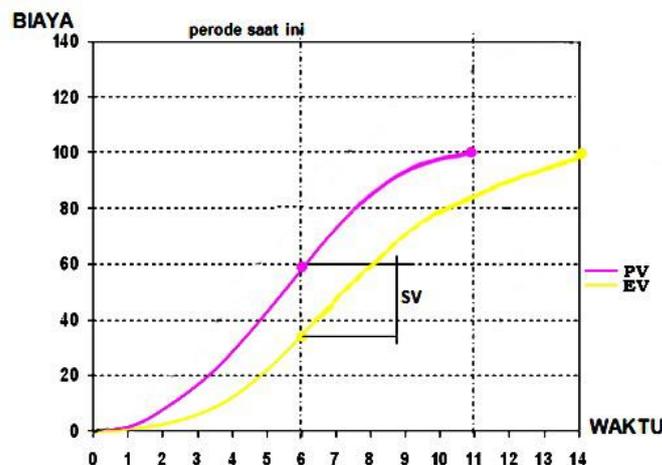
2.2 Pengertian Penjadwalan Proyek

Penjadwalan merupakan pendekatan manajemen waktu untuk merencanakan kapan dan bagaimana pekerjaan mulai dan selesai. Penjadwalan proyek adalah penerapan informasi dan keterampilan, teknik, yang diperoleh melalui pengetahuan dan pengalaman untuk mengembangkan model jadwal yang efektif. Penjadwalan dapat berfungsi sebagai alat untuk komunikasi, indikator target pencapaian pekerjaan, dan sebagai dasar untuk aktivitas monitor pekerjaan. Pendataan informasi penilaian terkait pencapaian kinerja sebelumnya menjadi dasar pertimbangan mengambil keputusan pada model jadwal (Yoghnes, 2018).

Model jadwal adalah representasi dinamis perencanaan kegiatan proyek yang dikembangkan oleh pemangku kepentingan proyek dengan menerapkan metode penjadwalan yang dipilih berdasarkan data spesifik proyek. Rencana model jadwal mengidentifikasi metode penjadwalan dan alat penjadwalan yang tepat untuk membuat kerangka model jadwal. Kegiatan yang ditentukan pada model jadwal, berdasarkan pada WBS (Work Breakdown Structure) dimana kegiatan yang dijadwalkan perlu diidentifikasi dan dijelaskan secara unik, dimulai dengan kata kerja sederhana, sampai spesifikasi kerja suatu objek spesifik, dan klarifikasi kata sifat bila perlu (Project Management Institute, 2007).

2.3 Earn Value Analysis

Earned value analysis merupakan sebuah metode untuk melakukan pengukuran nilai kinerja proyek dengan mengintegrasikan garis besaran biaya yang memiliki hubungan dengan garis besaran waktu (jadwal). Earned value analysis merupakan teknik manajemen proyek yang memerlukan representasi garis dasar terpadu yang kinerjanya dapat diukur selama proyek berlangsung. Representasi garis dasar ini biasanya disajikan dalam bentuk kurva S. Pada Gambar 2.1 merupakan gambaran umum dari kurva S.



Gambar 1. 2 Representasi garis dasar pada kurva S

Earned Value Analysis memantau dua dimensi utama untuk setiap paket kerja terkait:

1. Planned Value (PV) adalah anggaran dasar yang ditetapkan untuk pekerjaan yang dijadwalkan. Anggaran dasar ini direncanakan untuk menyelesaikan pekerjaan yang harus dilakukan berdasarkan work breakdown structure (WBS). Alokasi anggaran ini dibagi menjadi fase-fase periode yang berkesinambungan selama masa proyek berlangsung. Pada saat tertentu, nilai dari PV dapat mendefinisikan pekerjaan fisik yang seharusnya telah dicapai.
2. Earned Value (EV) adalah pengukuran perkembangan kinerja dan dinyatakan dalam bentuk anggaran. EV sering digunakan untuk menghitung persentase progress yang sudah dilaksanakan dari sebuah proyek. EV menjadi sumber informasi secara bertahap tentang status proyek terkini. Selain itu status proyek dalam bentuk EV secara kumulatif dapat digunakan untuk menentukan tren kinerja jangka panjang.

Selisih dari nilai earn value kumulatif dan Plan value kumulatif merupakan nilai dari Schedule variance. Nilai schedule variance digunakan sebagai indikator keterlambatan. Apabila nilai Schedule variance positif menandakan pekerjaan berstatus lancar, dan sebaliknya apabila nilai Schedule variance negatif menandakan pekerjaan berstatus terlambat.

2.4 Pengertian Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Kegiatan sebagai titik (node) pada jaringan dan peristiwa yang menandakan awal atau akhir dari kegiatan digambarkan sebagai busur atau garis antara titik (Badri,1997). Berikut merupakan langkah penghitungan *Critical Path Method*

1. Hitungan Maju (*Forward Pass*)

Langkah Hitungan maju melihat urutan pekerjaan dengan alur maju atau kegiatan diurutkan mulai dari mulai(*start*) menuju selesai(*finish*). Output hitungan maju adalah bilangan *earliest start(ES)* dan *earliest finish(EF)*. Waktu ES untuk kegiatan pertama yang dimulai setelah waktu mulai(*start*) adalah 0, dan waktu EF dari kegiatan pertama sama dengan durasi normalnya. Untuk kegiatan ke-dua dan seterusnya nilai ES adalah nilai EF terbesar dari kegiatan sebelumnya *predencessor*. Untuk nilai EF kegiatan ke-dua dan seterusnya adalah nilai ES kegiatan itu sendiri ditambah dengan durasi normal

$$ES=EF \text{ (kegiatan } \textit{predencessor} \text{ terbesar)}$$

$$EF=ES+\text{Durasi Normal}$$

2. Hitungan mundur (*Backward Pass*)

Langkah hitungan mundur adalah langkah yang bisa dilakukan setelah *forward pass*, dengan melihat urutan pekerjaan dengan alur mundur atau kegiatan diurutkan dari waktu selesai(*finish*) ke arah waktu mulai(*start*). Output yang di hasilkan dari hitungan mundur adalah nilai *latest start (LS)* dan *Latest finish (LF)*. Waktu LF untuk kegiatan terakhir atau kegiatan sebelum selesai sama dengan waktu EF kegiatan terakhir itu sendiri, dan waktu LF untuk selain kegiatan terakhir adalah waktu LS terkecil dari kegiatan sebelumnya (*successor*). Untuk waktu LS seluruh kegiatan adalah waktu LF dikurangi dengan durasi normal.

$$LF=LS \text{ (kegiatan } \textit{successor} \text{ terkecil)}$$

$$LS=LF-\text{Durasi normal}$$

Perhitungan selanjutnya adalah *Slack time* yang merupakan waktu luang yang dimiliki sebuah aktivitas untuk dapat diundur pelaksanaannya tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

$$SLACK= LS-ES \text{ atau } LF-EF$$

2.6 Pengertian Project Evaluation Review Technic (PERT)

Pendekatan analisis statistik mensyaratkan bahwa waktu kegiatan dinyatakan dalam tiga perkiraan waktu yang masuk akal (waktu optimis, waktu kemungkinan besar, dan waktu pesimistis), manajer proyek memiliki informasi yang cukup untuk memperkirakan probabilitas bahwa suatu kegiatan akan selesai sesuai jadwal, penghitungan waktu PERT didasarkan dari perhitungan variansi kegiatan dan standar deviasi dari tiga perkiraan waktu (Krajewski ,2010). Pengertian tersebut menjelaskan ciri khusus metode PERT yaitu adanya tiga perkiraan waktu sebagai berikut:

1. **Waktu optimis(*ta*)**, adalah waktu minimum dari suatu kegiatan, di mana segala sesuatu akan berjalan baik, sangat kecil kemungkinan kegiatan selesai sebelum waktu ini.
2. **Waktu paling mungkin(*tm*) (*most likely*)**, adalah waktu normal untuk menyelesaikan kegiatan. Waktu ini paling sering terjadi seandainya kegiatannya bisa diulang.
3. **Waktu pesimis (*tb*)**, adalah waktu maksimal yang diperlukan suatu kegiatan, situasi ini terjadi bila nasib buruk terjadi.

Hari ke-	Progres rencana (PV)	Progres aktual (EV)	SV Kumulatif	SPI kumulatif	Keterangan status kinerja	Estimasi Sisa waktu (ETS)	Estimasi Waktu Selesai(EAS)
1	0,25%	0,25%	0,000	1,00	lancar	39,00	40,00
2	0,53%	0,81%	0,003	1,53	lancar	25,00	27,00
3	0,81%	1,09%	0,003	1,34	lancar	28,00	31,00
4	1,09%	1,37%	0,003	1,25	lancar	29,00	33,00
5	1,37%	1,64%	0,003	1,20	lancar	30,00	35,00
6	1,64%	1,92%	0,003	1,17	lancar	30,00	36,00
7	1,92%	2,20%	0,003	1,14	lancar	29,00	36,00
8	2,20%	2,47%	0,003	1,13	lancar	29,00	37,00
9	2,47%	2,75%	0,003	1,11	lancar	28,00	37,00
10	2,75%	3,45%	0,007	1,25	lancar	24,00	34,00
11	3,20%	4,32%	0,011	1,35	lancar	22,00	33,00
12	3,90%	8,95%	0,050	2,29	lancar	13,00	25,00
13	9,03%	13,82%	0,048	1,53	lancar	18,00	31,00
14	14,17%	18,70%	0,045	1,32	lancar	20,00	34,00
15	19,30%	22,92%	0,036	1,19	lancar	22,00	37,00
16	23,78%	24,30%	0,005	1,02	lancar	24,00	40,00
17	25,42%	25,68%	0,003	1,01	lancar	23,00	40,00
18	26,45%	26,45%	0,000	1,00	lancar	22,00	40,00
19	31,24%	30,37%	-0,009	0,97	terlambat	22,00	41,00
20	36,02%	34,28%	-0,017	0,95	terlambat	22,00	42,00
21	40,81%	38,20%	-0,026	0,94	terlambat	21,00	42,00
22	45,60%	42,12%	-0,035	0,92	terlambat	20,00	42,00
23	50,39%	46,04%	-0,044	0,91	terlambat	19,00	42,00
24	55,18%	49,95%	-0,052	0,91	terlambat	18,00	42,00
25	59,97%	53,87%	-0,061	0,90	terlambat	17,00	42,00
26	64,75%	57,79%	-0,070	0,89	terlambat	16,00	42,00
27	69,54%	61,71%	-0,078	0,89	terlambat	15,00	42,00
28	69,69%	65,62%	-0,041	0,94	terlambat	13,00	41,00
29	70,59%	69,54%	-0,010	0,99	terlambat	12,00	41,00
30	71,48%	69,62%	-0,019	0,97	terlambat	11,00	41,00
31	72,38%	69,69%	-0,027	0,96	terlambat	10,00	41,00

4. Tiga jenis estimasi waktu-waktu tersebut diperoleh dari orang yang ahli atau orang yang berpengalaman pada proyek atau disebut juga teknik *expert judgement*. Penghitungan ekpetasi waktu proyek perlu diketahui terlebih dahulu variansi dan standar deviasi dari waktu optimis, pesimis, dan *most-likely* dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{1}{6} (tb - ta)$$

$$V = S^2 = \left[\frac{1}{6} (tb - ta) \right]^2$$

S = Standar deviasi kegiatan

V = variansi kegiatan

ta = waktu durasi optimis

tb = waktu durasi pesimis

Untuk mengetahui kemungkinan tercapainya target jadwal dapat dilakukan perhitungan nilai Z normal dengan memanfaatkan data waktu yang diharapkan sesuai dengan jalur kritis (TE) dan target (Td) yang dinyatakan dengan persamaan :

$$Z = \frac{\text{Durasi target jadwal (Td)} - \text{Time Expected (TE)}}{\text{St. deviasi jalur kritis}}$$

Dengan diketahuinya besar nilai Z normal maka probabilitas dapat diketahui berdasarkan pada table Z normal untuk kemungkinan dapat diselesaikan pada durasi jalur kritis yang diharap.

3. Pembahasan

3.1 Earned Value Analysis

Earned value analysis merupakan sebuah metode prosedural untuk melakukan pengukuran nilai kinerja proyek dengan mengintegrasikan garis persentasi besaran biaya yang memiliki hubungan dengan garis besaran waktu (jadwal).

Tabel 3. 1 *Earn value analysis*

3.2 Critical path method

Metode jalur kritis digunakan untuk menentukan urutan pekerjaan apa saja yang tidak bisa ditunda atau bisa disebut juga jalur kritis pada suatu jaringan kerja (network diagram). Jaringan kerja menggambarkan hubungan dan urutan pekerjaan untuk menyelesaikan proyek. menjelaskan urutan pekerjaan pada jalur kritis proyek FTTH Jl.Sukapura:

Tabel 3. 2 *Critical path* Proyek FTTH Jl.Sukapura

Kode Pekerjaan	Durasi Normal	Waktu				Float
		ES	EF	LS	LF	
A	1	0	1	0	1	0
B	2	1	3	1	3	0
C	7	3	10	3	10	0
D	2	10	12	10	12	0
E	2	10	12	16	18	6
F	2	10	12	25	27	15
G	2	10	12	26	28	16
H	2	10	12	28	30	18
I	2	10	12	31	33	21
J	2	10	12	20	22	10
K	6	12	18	12	18	0
L	9	18	27	18	27	0
M	1	27	28	27	28	0
N	1	10	11	21	22	10
O	1	12	13	22	23	10
P	5	13	18	23	28	10
Q	4	28	32	28	32	0
R	1	32	33	32	33	0
S	3	12	15	30	33	18
T	4	12	16	29	33	17
U	4	33	37	33	37	0
V	1	37	38	37	38	0
W	1	38	39	38	39	0
X	1	39	40	39	40	0

Berdasarkan hasil perhitungan nilai float pada metode jalur kritis diperoleh aktifitas yang berada di jalur kritis dengan urutan A-B-C-D-K-L-M-Q-R-U-V-W-X dengan durasi waktu penyelesaian 40 hari.

3.3 Metode Percepatan menggunakan *Crashing*

Proyek FTTH Jl.Sukapura yang seharusnya dapat selesai dalam waktu 40 hari diperkirakan mengalami keterlambatan penyelesaian proyek selama 1 hari berdasarkan analisa durasi sisa waktu yang menunjukkan proyek selesai di hari ke-41. Berdasarkan analisa Critical path method yang sudah dilakukan, proyek FTTH Jl.Sukapura memiliki jalur kritis pada urutan pekerjaan dengan kode A-B-C-D-K-L-M-Q-R-U-V-W-X. Pematatan aktifitas hanya dapat dilakukan pada pekerjaan yang berada di jalur kritis (Critical Path), memiliki durasi lebih dari 1 hari, dan pekerjaan belum dilaksanakan. Pekerjaan selanjutnya yang memenuhi syarat crashing adalah Q dan U. FTTH Jl. Sukapura akan dipercepat dengan penambahan sumber daya berupa tenaga kerja. Jumlah tenaga kerja yang ditambahkan diperhitungkan berdasarkan kapasitas kerja pekerja. Kapasitas kerja merupakan kemampuan rata-rata teknisi mengerjakan jumlah volume pekerjaan dalam sehari, atau dapat diketahui dari pembagian volume pekerjaan dengan durasi pekerjaan. Berikut merupakan persamaan dalam menghitung jumlah pekerja dan durasi crashing:

$$\text{Kapasitas pekerjaan} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{durasi pekerjaan}}$$

$$\text{indeks jumlah pekerja} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{kapasitas pekerjaan} \times \text{durasi pekerjaan}}$$

$$\text{durasi crashing} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{kapasitas pekerjaan} \times \text{jumlah pekerja}}$$

Estimasi waktu selesai dan penambahan tenaga kerja pada pekerjaan Q

Volume pekerjaan Q = 90 unit

Durasi normal pekerjaan Q = 4 hari

$$\text{Kapasitas pekerjaan} = \frac{90}{4} = 22,5 \text{ unit/hari}$$

$$\text{indeks jumlah pekerja normal} = \frac{90}{22,5 \times 4} = 1 \text{ teknisi}$$

$$\text{durasi crash (+3 orang)} = \frac{90}{22,5+(1+3)} = 1 \text{ hari}$$

Anggaran biaya untuk pekerjaan Q =

Tabel 3. 3 Perhitungan jumlah tenaga kerja tambahan Pekerjaan Q

Pekerjaan Q	1 orang	2 orang(+1)	3 orang(+2)	4 orang(+3)
volume pekerjaan:	90	90	90	90
kapasitas kerja per hari	22,5 unit	45 unit	67,5 unit	90 unit
durasi crash	4 hari	2 hari	1,3 hari	1 hari
Biaya penambahan tenaga kerja	Rp 105.670,00	Rp 211.340,00	Rp 317.010,00	Rp 422.680,00

Biaya material + biaya jasa teknisi = Rp. 4.385.305,00 + Rp. 422.680,00 =Rp4.807.985,00

Estimasi waktu selesai dan penambahan tenaga kerja pada pekerjaan U

Volume pekerjaan U = 30 unit

Durasi normal pekerjaan U = 4 hari

$$\text{Kapasitas pekerjaan} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ unit/hari}$$

$$\text{indeks jumlah pekerja normal} = \frac{30}{7,5 \times 4} = 1 \text{ teknisi}$$

$$\text{durasi crash (+3 orang)} = \frac{90}{7,5+(1+3)} = 1 \text{ hari}$$

Tabel 3. 4 Perhitungan jumlah tenaga kerja tambahan Pekerjaan U

Pekerjaan U	1orang	2 orang (+1)	3 orang (+2)	4 orang (+3)
volume pekerjaan:	30	30	30	30
kapasitas kerja	7,5unit	15unit	22,5unit	30 unit
durasi setelah crash (hari)	4 hari	2 hari	1,3 hari	1 hari
Biaya penambahan tenaga kerja	Rp 114.656	Rp 229.312	Rp 343.968	Rp 458.624

Anggaran biaya untuk pekerjaan U :

biaya material + biaya jasa teknisi = Rp 39.511.306,00 + Rp 458.624 = Rp 39.969.930,00

3.4PERT Analysis pada jadwal usulan (setelah *crashing*)

Metode analisa Project Evaluation Review Techic (PERT) diterapkan kembali pada jadwal usulan dengan total percepatan maksimal yaitu 6 hari untuk menemukan probabilitas maksimal penyelesaian proyek. Pada Tabel merupakan hasil perhitungan dengan metode PERT analisis:

Tabel 3. 5 Perhitungan St.dev dan variansi Triple duration estimate setelah crashing

Kode	Durasi Normal(t0)	Waktu Optimis(ta)	Waktu Pesimis(tb)	Time estimate-ed(TE)	St.dev (S)	Vari-ance
A	1	1	1	1,00	0,00	0,00
B	2	1	3	2,00	0,33	0,11
C	7	5	8	6,83	0,50	0,25
D	2	1	3	2,00	0,33	0,11
E	2	1	3	2,00	0,33	0,11
F	2	1	3	2,00	0,33	0,11
G	2	1	3	2,00	0,33	0,11
H	2	1	3	2,00	0,33	0,11
I	2	1	3	2,00	0,33	0,11
J	2	1	3	2,00	0,33	0,11
K	6	4	8	6,00	0,67	0,44
L	9	7	10	8,83	0,50	0,25
M	1	1	2	1,17	0,17	0,03
N	1	1	2	1,17	0,17	0,03
O	1	1	2	1,17	0,17	0,03
P	5	3	6	4,83	0,50	0,25
Q	4	2	5	3,83	0,50	0,25
R	1	1	2	1,17	0,17	0,03
S	3	2	4	3,00	0,33	0,11
T	4	2	5	3,83	0,50	0,25
U	4	3	5	4,00	0,33	0,11
V	1	1	2	1,17	0,17	0,03
W	1	1	2	1,17	0,17	0,03
X	1	1	2	1,17	0,17	0,03
Jumlah TE dan St.Dev pada Jalur kritis				36,33	4,00	

Dengan durasi target jadwal pada proyek FTTH Jl.sukupura ini selama 36,33 hari, perhitungan pada metode PERT dapat dilanjutkan pada tahap menentukan nilai Z normal dengan persamaan sebagai berikut

$$Z = (\text{Durasi target jadwal} - \text{Time expected}) / (\text{St.deviasi jalur kritis})$$

$$Z = (41 - 36,33) / 4$$

$$Z = 1,16$$

Maka diperoleh nilai Z normal sebesar 1,16 dengan expected time selama 36 hari yang menunjukkan probabilitas penyelesaian proyek Jl. Sukapura sebesar 87,7%.

4. Kesimpulan dan saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengolahan data pada penelitian Pengendalian Jadwal Proyek Fiber To The Home Menggunakan Metode CPM-PERT dan Crashing pada proyek FTTH Jl.Sukupura maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode Earn Value analysis diketahui bahwa proyek FTTH Jl.Sukupura mengalami keterlambatan selama 1 hari yang semulanya direncanakan selesai dalam 40 hari menjadi 41 hari.
2. Berdasarkan hasil perhitungan Critical Path dapat ditentukan jalur kritis pekerjaan proyek FTTH Jl.Sukupura yaitu A-B-C-D-K-L-M-Q-R-U-V-W-X. Dari beberapa pekerjaan di jalur kritis tersebut didapatkan pekerjaan Q yaitu Jointing/Penyambungan feeder OS-SM-1 dan pekerjaan U yaitu Instalasi ODP closure aerial kapasitas 8 core sebagai pekerjaan yang dapat dipercepat . Proyek FTTH Jl. Sukapura tidak mengalami biaya tambahan karena percepatan dengan penambahan tenaga kerja pada pekerjaan Q dan U memiliki anggaran biaya jasa yang sama dengan anggaran normal. Hal ini disebabkan jumlah biaya yang dibayarkan untuk 1 orang pekerja yang bekerja 4 hari, sama dengan biaya 4 orang pekerja yang bekerja 1 hari.
3. Berdasarkan perhitungan CPM-PERT dengan jalur kritis A-B-C-D-K-L-M-Q-R-U-V-W-X didapatkan time expected selama 41 hari dan diketahui probabilitas penyelesaian proyek sebesar 40% pada jadwal proyek FTTH Jl. Sukapura sebelum diterapkannya percepatan jadwal, Setelah diterapkan percepatan jadwal proyek menjadi 35 hari didapatkan time expected sebesar 36,33 hari dan diketahui probabilitas penyelesaian proyek sebesar 87,7%.

4.2 Saran

1. Karena adanya keterlambatan pengerjaan proyek FTTH Jl.Sukupura, maka perlunya percepatan durasi dengan menambahkan tenaga kerja pada pekerjaan Q dan U sebanyak 3 orang pada setiap pekerjaannya.
2. Perhitungan probabilitas menggunakan PERT-CPM perlu dilakukan juga pada tahap planing/perencanaan proyek FTTH Jl.Sukupura atau proyek FTTH lainnya, sehingga dapat memperkuat keakuratan jadwal proyek yang direncanakan.
3. Perlu adanya peningkatan pengawasan terhadap pekerjaan-pekerjaan yang belum selesai untuk memaksimalkan kinerja pada tahap instalasi.
4. Perlu adanya penelitian selanjutnya terkait antisipasi sejak awal apabila proyek terkendala oleh bencana ataupun kendala-kendala lain, sehingga keterlambatan dapat segera di antisipasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Analisis, M., Kerja, J., & Ak, A. B. S. T. R. (2013). *PENJADWALAN PENYELESAIAN KONSTRUKSI TOP COAT CO AT B OOTH OO TH E XPANSION “ Manajemen Proyek berbasis Efisiensi Waktu ” penjadwalan menggunakan an alisis.*
- Armalisa, A., Triana, D., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Raya, U. S., ... Serang-banten, K. (n.d.). METODE CRASHING TERHADAP PENAMBAHAN JAM KERJA OPTIMUM PADA PROYEK KONSTRUKSI. 1–18.
- Asri, D. F. L., Setiawan, T. H., & Rusdiana, Y. (2019). Analisis Jaringan Kerja Pada Evaluasi Penjadwalan Waktu Dan Biaya Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode Pert & Cpm. *Jurnal Sainika Unpam : Jurnal Sains Dan Matematika Unpam*, 2(2), 136. <https://doi.org/10.32493/jsmu.v2i2.3323>
- Bindu, P. H. (2015). *Approach of Crashing Critical Activity (CCA) and Stretching Non-critical Activities (SNA) of Time Cost Trade off problems using Critical Path Method.* 5(2), 1–10.
- Budiman Proboyo. (1999). Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Klasifikasi Dan Peringkat Dari Penyebab-Penyebabnya. *Civil Engineering Dimension*, 1(1), 46–58. Retrieved from <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/civ/article/view/15507>
- Caesaron, D., & Thio, A. (2015). Analisa penjadwalan waktu dengan metode jalur kritis dan pert pada proyek pembangunan ruko (jl. pasar lama no.20, glodok). *Journal of Industrial Engineering & Management Systems*, 8(2), 59–82.
- Garg, A. (2016). *Project Crashing Algorithm.* (November).
- Georges, N., Semaan, N., & Rizk, J. (2014). Crash : an Automated Tool for Schedule Crashing. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3(2), 374–394.
- Henong, S. B. (2016). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keterlambatan Pada Proyek. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, (2005), 149–154.
- Khan, A. R. (2014). *CRASHING PERT / CPM NETWORK : A MATHEMATICAL AND NUMERICAL APPROACH BY.* (Lxiv).
- Khoiroh, S. M. (2018). Mengoptimalkan Crashing Project Pemasangan Saluran Rumah Di Perumahan X Dengan Pendekatan Cpm-Pert. 15(1), 39–48. Retrieved from <http://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/HEURISTIC/article/view/1518/1293>
- Muhammad, A. H. (n.d.). Optimasi pelaksanaan proyek konstruksi dengan metode pert dan cpm.
- Oka, J., & Kartikasari, D. (2019). Evaluasi Manajemen Waktu Proyek Menggunakan Metode Pert Dan Cpm Pada Pengerjaan “Proyek Reparasi Crane Lampson” Di Pt Mcdermott Indonesia. *Journal of Applied Business Administration*, 1(1), 28–36. <https://doi.org/10.30871/jaba.v1i1.1257>
- Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) / Project Management Institute.
- Raharjo1, R. W., & , Albani Musyafa, S.T., M.T., P. D. . (2010). *ANALISIS PERCEPATAN PROYEK DENGAN METODE PENAMBAHAN TENAGA KERJA.* (November), 1–10.
- Setiawati, S., Syahrizal, & Rezky, A. D. (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). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 6(1), 1–14. Retrieved from <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/viewFile/16596/7011>
- Simatupang, J. S., & A. K. T. Dundu, M. S. (2015). Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Waktu pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Pembangunan Persekolahan Eben Haezar Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 281–280.