

Analisis Manajemen Proyek Pekerjaan Pemasangan Jaringan Pipa dengan Menggunakan Metode Critical Path Method Dan Time Cost Trade Off Untuk Meminimumkan Waktu dan Biaya Pada PT. Maswandi Jakarta

Ratu Muharami Usman, Tasya Aspiranti, Asni Mustika Rani

Prodi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis

Universitas Islam Bandung

Bandung, Indonesia

muharamiratu@gmail.com, ad_tasya@yahoo.com, asnimustika@gmail.com

Abstract— This research is analyze project management to get the minimum time and cost. The failure of the project is usually caused by poorly planned project activities that are less effective so that the activities are not efficient. The kind of research is used descriptive quantitative and the method is the case study method. The results of this research indicate that the calculation uses a fixed working time CPM of 477 days, then based on an agreement with the company, the work time acceleration is done using time cost trade off of 84 days so that it can accelerate work to 393 days with an efficiency of work time of 17,6% and costs project work after the trade off costs to Rp.50.962.671.066,99 with a percentage increase in project costs by 0.18%.

Keywords—*Project Management, Critical Path Method (CPM), Time Cost Trade Off, Optimal Time and Cost*

Abstrak—Penelitian ini menganalisis pengendalian manajemen proyek untuk mendapatkan waktu dan biaya minimum. Penyebab kegagalan dari sebuah proyek biasanya disebabkan karena kurang terencananya suatu kegiatan proyek serta pengendalian yang kurang efektif sehingga kegiatannya menjadi tidak efisien. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dan metode yang digunakan adalah metode studi kasus. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan menggunakan CPM waktu pekerjaan tetap 477 hari, kemudian berdasarkan kesepakatan dengan perusahaan maka dilakukan percepatan waktu pekerjaan menggunakan *time cost trade off* selama 84 hari sehingga dapat mempercepat durasi pekerjaan menjadi 393 hari dengan efisiensi waktu pengerjaan sebesar 17,6% dan biaya pengerjaan proyek setelah dilakukan *time cost trade off* menjadi Rp.50.962.671.066,99 dengan persentase kenaikan biaya proyek sebesar 0,18 %

Kata Kunci—*Manajemen Proyek, Critical Path Method (CPM), Time Cost Trade Off, Waktu dan Biaya Optimal.*

I. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dalam kegiatan industri memerlukan manajemen atau pengelolaan dalam beberapa aspek yang dituntut memiliki kinerja, kecermatan, kecepatan, keterpaduan, keekonomisan, ketepatan, ketelitian, dan keamanan yang tinggi untuk memperoleh hasil yang maksimal atau memuaskan. Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek tepat pada waktunya dan efektif dalam segi biaya merupakan tujuan yang penting baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor.

Pada penelitian ini, jenis proyek yang sesuai dengan data yang kami peroleh dari objek perusahaan yaitu proyek infrastruktur. Proyek infrastruktur biasanya berkaitan dengan penyediaan kebutuhan masyarakat secara luas dalam hal prasarana transportasi, pembangunan waduk pembangkit tenaga listrik, pengairan sawah, sarana instalasi komunikasi dan penyediaan sumber air minum. Biasanya proyek ini padat modal dan padat karya yang mendapat bantuan pinjaman dari donator luar negeri dengan pinjaman jangka panjang, yang pembayaran serta pengelolaan dananya dilakukan oleh pemerintah atau dapat juga dengan investasi pihak swasta kemudian pemerintah memberi konsesi (Husen, 2011: 9).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Critical Path Method* dan *Time Cost Trade Off* untuk mengevaluasi proyek yang telah selesai dikerjakan dengan memberikan alternatif penjadwalan proyek yang hasilnya akan lebih efisien dalam segi waktu dan biaya. Dengan demikian, alternatif tersebut dapat dijadikan rekomendasi kepada perusahaan untuk penjadwalan proyek yang lebih baik.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: (1) Bagaimana pelaksanaan proyek pekerjaan pemasangan pipa di PT. Maswandi Jakarta saat ini? (2) Bagaimana

pengendalian proyek pekerjaan pemasangan jaringan pipa dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) pada perusahaan PT. Maswandi Jakarta untuk meminimumkan waktu dan biaya?. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Pelaksanaan penjadwalan proyek pekerjaan pemasangan pipa pada PT. Maswandi Jakarta saat ini.
2. Pengendalian proyek pekerjaan pemasangan jaringan pipa dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) untuk meminimumkan waktu dan biaya pada perusahaan PT. Maswandi Jakarta.

II. LANDASAN TEORI

Manajemen operasional adalah area yang luas dalam organisasi yang melibatkan hubungan kerja, statistik, kontrol manufaktur dan pembuatan kebijakan. Menurut Stevenson dan Chuong (2014:12) berpendapat bahwa manajemen operasi adalah bagian operasi yang bertanggung jawab untuk menghasilkan barang atau jasa.

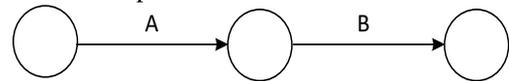
Menurut Bordley (2019:3) manajemen proyek menciptakan hasil untuk para stakeholders atau pemangku kepentingan dengan mengidentifikasi dan mengelola berbagai kegiatan proyek yang harus diselesaikan untuk menciptakan hasil yang memuaskan dan sesuai dengan perencanaan.

Penjadwalan proyek Husen (2011: 149) adalah salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antarkegiatan dibuat lebih terperinci dan sangat detail.

Menurut Muhardi (2011:315) *Network planning* merupakan salah satu teknik manajemen yang digunakan dalam perencanaan dan pengawasan proyek. *Network Planning* adalah suatu perencanaan dan pengendalian proyek yang menggambarkan hubungan ketergantungan antara setiap pekerjaan yang digambarkan dalam diagram *network*.

Terdapat dua pendekatan untuk menggambarkan sebuah jaringan proyek yakni *Activity on Node* dan *Activity on Arrow*. Pada AON, node atau titik simpul menandakan aktivitas beda dengan AOA, tanda aktivitas berada pada tanda panah. Perbedaan keduanya ada pada dimana aktivitas itu diletakan, dalam AON titik simpul menandakan aktivitas dan terdapat waktu serta sumber daya. Menurut Lester (2017:108), pada dasarnya jaringan adalah diagram alir yang menunjukkan urutan suatu proses. Setiap operasi individu dikenal sebagai aktivitas. Jika kegiatan diwakili oleh garis lurus dan peristiwa atau aktivitas digambarkan dengan lingkaran maka sangat mudah untuk menggambar hubungan secara grafis dan diagram yang dihasilkan dikenal sebagai *network* (jaringan). Format jaringan ini disebut *activity on arrow* (AOA) karena dideskripsikan aktivitas

dituliskan diatas panah.

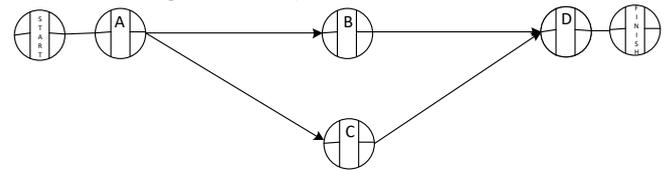


Gambar 2. 1 Diagram AOA

Sumber: Lester (2017:108)

Berdasarkan gambar 2.2, AOA dapat menggambarkan aktivitas dengan dua cara, yakni yang pertama dengan judul aktivitas (dalam hal ini aktivitasnya diberi nama A) dan yang kedua dengan titik awal dan akhir *node* 1 hingga 2.

Berbeda dengan AOA, beberapa perencana lebih suka menunjukkan kegiatan menggunakan *node* sebagai kotak kegiatan dan menghubungkannya dengan garis. Durasi serta sumber daya ditulis dalam *node* aktivitas dan oleh karena itu disebut diagram *activity on node*.



Gambar 2. 2 Diagram AON

Sumber: Lester (2017:120)

Critical Path Method (CPM) menurut Bordley (2019:4) “The critical path method (CPM) focuses on reducing project completion time by ‘expanding extra resources on activities on the critical path’ or transferring resources from non critical paths to the critical path”. Definisi CPM pada Bordley dapat diartikan bahwa Critical Path Method (CPM) berfokus pada pengurangan waktu penyelesaian proyek dengan mengeluarkan sumber daya tambahan untuk aktivitas di jalur kritis atau mentranfer sumber daya dari jalur yang bukan kritis ke jalur kritis.

Dalam melakukan identifikasi jalur kritis digunakan proses two pass (dua arah) yang terdiri dari forward pass dan backward pass, hal ini guna menentukan jadwal waktu untuk aktivitas.

Forward Pass

Aturan waktu mulai paling awal, sebelum aktivitas dapat dimulai semua aktivitas pendahulunya harus diselesaikan

$$ES = \text{Max (EF semua pendahulu langsung)}$$

$$EF = ES + \text{Waktu Aktivitas}$$

Backward Pass

Aturan waktu selesai paling lambat, aturan ini didasarkan pada kenyataan bahwa sebelum suatu aktivitas dapat dimulai seluruh aktivitas pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

$$LF = \text{Min (semua pendahulu langsung)}$$

$$LS = LF - \text{Waktu Aktivitas}$$

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

Dengan mereduksi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Time cost trade off menurut Ervianto (2004), adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada

jalur kritis.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. PELAKSANAAN PENJADWALAN PROYEK PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA TERMASUK AKSESORIS DAN PERLENGKAPANNYA PADA PT. MASWANDI JAKARTA.

Pada penelitian ini penulis menggunakan data primer, yaitu data yang diperoleh dari hasil studi lapangan. Penulis melakukan wawancara kepada PT. Maswandi selaku pelaksana proyek pekerjaan pemasangan pipa termasuk aksesoris dan perlengkapannya. Data tersebut merupakan jadwal pelaksanaan proyek pekerjaan pemasangan pipa termasuk aksesoris dan perlengkapannya dengan uraian pekerjaan pada tabel 3.1 sebagai berikut:

TABEL 3. 1 AKTIVITAS, WAKTU, DAN BIAYA PROYEK PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA PADA PT. MASWANDI

No	Kode	Aktivitas	Biaya (Rp)	Durasi (hari)
A PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	A1	Pekerjaan Mobilisasi dan Demobilisasi	64.142.454,08	98
TOTAL			64.142.454,08	
B PEKERJAAN TANAH BRONCAPTERING				
2	B1	Pekerjaan Tanah	10.047.860,38	54
3	B2	Pekerjaan Pasangan Turap Sungai	55.870.381,01	58
TOTAL			65.918.241,39	
C PEKERJAAN STRUKTUR BRONCAPTERING				
4	C1	Pekerjaan Broncaptering dengan Struktur Bronjong	94.531.272,45	13
5	C2	Pekerjaan Aksesoris Pelengkap Broncaptering	112.950.039,6	14
6	C3	Pekerjaan Perbaikan Pos Jaga	74.276.318,29	10
7	C4	Pekerjaan Ruang Ganti	23.995.393,2	18
8	C5	Pekerjaan Rumah Panel Pompa	24.062.721,76	14
9	C6	Pekerjaan Pavingisasi Jalan ke Lokasi Broncaptering	29.426.324,39	14
TOTAL			359.242.069,69	
D PEKERJAAN PEMASANGAN PERPIPAAN DAN AKSES BANGUNAN BRONCAPTERING				
10	D1	Pekerjaan Pagar Keliling/	45.098.680,04	33
TOTAL			45.098.680,04	
E PEKERJAAN PIPA TRANSMISI (BRONCAPTERING KEJALAN)				
11	E1	Pekerjaan Pipa Transmisi	3.314.019.544	30
12	E2	Pekerjaan Aksesoris Pipa	1.123.281.661	33
TOTAL			4.437.301.205	
F PEKERJAAN PIPA JDU (RESERVOAR KE PELAYANAN)				
13	F1	Pekerjaan Pipa HDPE JDU 400mm	3.314.019.544	23

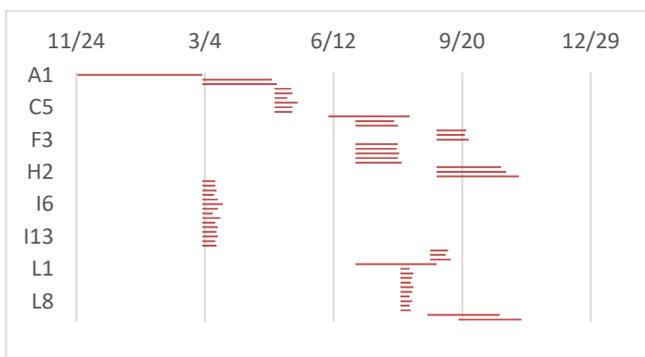
14	F2	Pekerjaan Aksesoris Pipa	1.123.281.661	22
15	F3	Pekerjaan Perbaikan Saluran	3.314.019.544	25
TOTAL			7.751.320.749	
G PEKERJAAN PIPA HDPE DAN AKSESORIS				
16	G1	Pekerjaan Pipa HDPE	7.896.419.233,30	33
17	G2	Pekerjaan Pengadaan Pipa	3.458.173.152,35	32
18	G3	Pekerjaan Pipa HDPE	2.750.749.995,26	34
19	G4	Pekerjaan Pipa HDPE OD 160 mm	2.570.410.465,99	33
20	G5	Pekerjaan Pipa HDPE OD 110 mm	1.982.198.930,32	36
TOTAL			18.657.951.777,22	
H PEKERJAAN PERBAIKAN ASPAL				
21	H1	Pekerjaan Pengaspalan Akibat Galian Pipa	1.092.497.408,13	50
22	H2	Pekerjaan Rabat Beton Akibat Galian Pipa	90.320.862,24	54
23	H3	Pekerjaan Pasangan Batu Kali	7.612.050,01	64
TOTAL			1.190.430.320,38	
I PEKERJAAN JEMBATAN PIPA				
24	I1	Pekerjaan Persiapan Jembatan Pipa	177.695.166,4	10
25	I2	Pekerjaan Jembatan	62.578.635,09	10
26	I3	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris	242.515.337,6	10
27	I4	Pekerjaan Persiapan	279.841.806,9	9
28	I5	Pekerjaan Jembatan	69.598.507,92	12
29	I6	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris	236.919.910	16
30	I7	Pekerjaan Persiapan	311.486.156,1	12
31	I8	Pekerjaan Jembatan	708.487.535,3	8
32	I9	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris J. 05 L)	222.488.680	14
33	I10	Pekerjaan Persiapan Jembatan 06 – L	1.423.040.353	10
34	I11	Pekerjaan Jembatan Bentang 88 M	2.267.068.162	12
35	I12	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris J. 06 – L	277.913.767,7	11
36	I13	Pekerjaan Persiapan Jembatan 07 – L	218.320.569,2	12
37	I14	Pekerjaan Jembatan Bentang 26 M	140.643.782	10
38	I15	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris J.07 – L M	141.978.696,6	11
TOTAL			6.780.577.065,81	
J PEKERJAAN PIPA PELAYANAN				
39	J1	Pekerjaan Pemasangan SR Pipa Pelayanan	3.618.916.794	14
40	J2	Pekerjaan Sambungan SR Pipa PVC	84.972.000	12

41	J3	Pekerjaan Crossing Pipa (Pipa Pelayanan)	3.584.160.000	16
		TOTAL	7.288.048.794	
	K	PEKERJAAN JACKING PIPA		
42	K1	Pekerjaan Jacking/ Boring Jalan	1.574.738.590	63
		TOTAL	1.574.738.590	
	L	PEKERJAAN PERLINTASAN SUNGAI/ SALURAN		
43	L1	Pekerjaan Spesial Crossing Desa	180.561.597,9	7
44	L2	Pekerjaan Spesial Crossing Desa	135.738.248,1	10
45	L3	Pekerjaan Spesial	111.917.169,3	9
46	L4	Pekerjaan Spesial	139.238.560	8
47	L5	Pekerjaan Spesial	126.097.087,1	10
48	L6	Pekerjaan Spesial	57.960.727,47	9
49	L7	Pekerjaan Spesial	28.439.149,16	7
50	L8	Pekerjaan Spesial Crossing	53.586.298,78	9
51	L9	Pekerjaan Spesial	26.610.260,52	7
52	L10	Pekerjaan Spesial	172.373.134,7	8
		TOTAL	1.032.522.233,03	
	M	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN ELEKTRIKAL		
53	M1	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal	195.034.866,15	56
		TOTAL	195.034.866,15	
	N	PEKERJAAN LAI-LAIN		
54	N1	Pekerjaan Lain-Lain.	138.291.900	49
		TOTAL	138.291.900	
		TOTAL	49.580.618.945,79	

TABEL 3. 2 PERHITUNGAN BACKWARD PASS, FORWARD PASS DAN FLOAT/ SLACK

No	Aktivitas	Kode	Pred eces sor	ES	EF	LS	LF	Slack
	PEKERJAAN PERSLAPAN	A						
1	Pekerjaan Mobilisasi dan Demobilisasi	A1	-	0	98	0	98	0
	PEKERJAAN TANAH	B						
2	Pekerjaan Tanah	B1	A1	98	152	98	152	0
3	Pekerjaan Pasangan Turap Sungai	B2	A1	98	156	262	320	164
	PEKERJAAN STRUKTUR BRONCAPTER ING	C						
4	Pekerjaan Broncaptering dengan Struktur Bronjong	C1	B1	152	165	452	465	300
5	Pekerjaan Pemasangan Aksesoris Pelengkap	C2	B1	152	166	152	166	0
6	Pekerjaan Perbaikan Pos Jaga	C3	B1	152	162	433	443	281
7	Pekerjaan Ruang Ganti	C4	B1, B2	156	174	459	477	303
8	Pekerjaan Rumah Panel Pompa	C5	B2	156	170	320	344	164
9	Pekerjaan Pavingisasi Jalan ke Lokasi Broncaptering	C6	B2	156	170	435	449	279
	PEKERJAAN PEMASANGAN DAN AKSES BANGUNAN BRONCAPTER ING	D						
10	Pekerjaan Pagar Keliling/ Perpasangan Perpipaan & Akses Bangunan	D1	C2	166	229	166	229	0
	PEKERJAAN PIPA TRANSMISI	E						
11	Pekerjaan Pipa Transmisi Pemasangan Pipa GIP ID 400 mm	E1	D1, 14, 15	229	259	229	259	0
12	Pekerjaan Aksesoris Pipa	E2	D1	229	262	237	270	8
	PEKERJAAN PIPA JDU (RESERVOAR KE PELAYANAN)	F						
13	Pekerjaan Pipa HDPE JDU	F1	E1, E2	262	285	272	295	10
14	Pekerjaan Aksesoris Pipa	F2	E2	262	284	273	295	11
15	Pekerjaan Perbaikan Saluran didesa Ceme	F3	E2	262	287	270	295	8
	PEKERJAAN PIPA HDPE DAN AKSESORIS	G						
16	Pekerjaan Pipa HDPE	G1	C3	162	195	444	477	282
17	Pekerjaan Pengadaan Pipa HDPE Diameter OD 315	G2	C3	162	194	445	477	283
18	Pekerjaan Pipa dan aksesoris	G3	C3	162	196	443	477	281
19	Pekerjaan Pipa HDPE OD 160 mm	G4	E2, L1	162	295	339	372	77
20	Pekerjaan Pipa HDPE OD 110 mm PN - 10 SDR	G5	E1	259	295	259	295	0
	PEKERJAAN PERBAIKAN ASPAL	H						
21	Pekerjaan Pengaspalan Akibat Galian Pipa	H1	A1	98	148	184	234	86

B. PENGENDALIAN PROYEK PEKERJAAN PEMASANGAN JARINGAN PIPA DENGAN MENGGUNAKAN METODE CPM (CRITICAL PATH METHOD) PADA PERUSAHAAN PT. MASWANDI JAKARTA UNTUK MEMINIMUMKAN WAKTU DAN BIAYA.



Gambar 3. 1 Gantt Chart Proyek Pemasangan Jaringan Pipa PT. Maswandi

Sumber: PT. Maswandi (2020)

Berikut ini adalah tabel secara keseluruhan terkait dengan perhitungan waktu penyelesaian pada PT Maswandi di Jakarta yang telah ditambahkan dengan *Float/ slack*.

22	Pekerjaan Rabat Beton Akibat Galian Pipa	H2	H1	148	202	234	288	86
23	Pekerjaan Pasangan Batu Kali	H3	H2	202	266	288	352	86
	PEKERJAAN JEMBATAN PIPA	I						
24	Pekerjaan Persiapan Jembatan Pipa J.03L	I1	B2	156	166	338	348	182
25	Pekerjaan Jembatan Bentang 16 meter	I2	B1	152	162	467	477	315
26	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris U/ J.03L=16	I3	I1	166	176	348	358	182
27	Pekerjaan Persiapan Jembatan J.04 L	I4	C1, I2	165	174	468	477	303
28	Pekerjaan Jembatan	I5	C1	165	177	465	477	300
29	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris	I6	C6	170	186	449	465	279
30	Pekerjaan Persiapan	I7	C6	170	182	465	477	295
31	Pekerjaan Jembatan	I8	I1	166	174	350	358	184
32	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris	I9	I3, I8	176	190	358	372	182
33	Pekerjaan Persiapan	I10	I12	186	196	467	477	281
34	Pekerjaan Jembatan	I11	I6, I7	186	198	465	477	279
35	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris	I12	C4, C5	170	181	334	345	164
36	Pekerjaan Persiapan	I13	B2	156	168	330	342	299
37	Pekerjaan Jembatan	I14	I13	168	178	342	352	174
38	Pekerjaan Pipa dan Aksesoris	I15	I12	181	192	345	356	164
	PEKERJAAN PIPA PELAYANAN	J						
39	Pekerjaan Pemasangan SR Pipa Pelayanan	J1	F1, F2, F3, G5	295	309	295	309	0
40	Pekerjaan Sambungan SR Pipa PVC	J2	H3, I14	266	278	352	364	86
41	Pekerjaan Crossing Pipa	J3	I15, L2, L3, L4, L5	239	255	356	372	117
	PEKERJAAN JACKING PIPA	K						
42	Pekerjaan Jacking/ Boring Jalan	K1	J1, I9, I10, I11	309	372	309	372	0
	PEKERJAAN PERLINTASAN SUNGAI/ SALURAN	L						
43	Pekerjaan Spesial rossing	L1	D1	229	236	332	339	103
44	Pekerjaan Spesial	L2	D1, G1	229	239	346	356	117
45	Pekerjaan Spesial	L3	G2	229	238	347	356	118
46	Pekerjaan Spesial	L4	G3, I12	229	237	348	356	119
47	Pekerjaan Spesial	L5	I12	229	239	346	356	117
48	Pekerjaan Spesial	L6	H2	202	211	346	355	144
49	Pekerjaan Spesial	L7	H2	202	209	350	357	148
50	Pekerjaan Spesial	L8	L6	211	220	355	364	144
51	Pekerjaan Spesial	L9	L7	209	216	357	364	148
52	Pekerjaan Spesial	L10	J2, L8.L 9	278	286	364	372	86
	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN ELEKTRIKAL	M						
53	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal	M1	G4, J3, K1, L10	372	428	372	428	0
	PEKERJAAN LAI-LAIN	N						

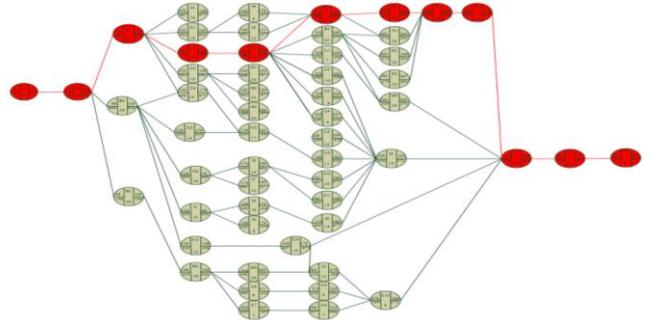
54	Pekerjaan Lain-Lain	N1	M1	428	477	428	477	0
----	---------------------	----	----	-----	-----	-----	-----	---

Sumber: Data diolah (2020)

Berikut ini adalah identifikasi jalur kritis dan waktu pengerjaan proyek setelah menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM):

1. Aktivitas dengan jalur kritis = 0 yaitu dengan kode A1-B1-C2-D1-E1-G5-J1-K1-M1-N1
2. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek yaitu selama 477 hari

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel didapat skema *network diagram* dengan 10 (sepuluh) jalur kritis pada proyek pemasangan jaringan pipa termasuk aksesoris dan perlengkapannya pada PT. Maswandi di Jakarta adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2

Pada proyek pemasangan jaringan pipa termasuk aksesoris dan perlengkapannya pada PT. Maswandi di Jakarta, setelah dilakukan perhitungan menggunakan CPM waktu pekerjaan proyek tetap 477 hari. Kemudian sesuai kesepakatan dengan perusahaan, penulis melakukan percepatan waktu menggunakan *Time Cost Trade Off*. Hasil wawancara dengan perusahaan didapatkan percepatan waktu yang paling memungkinkan yaitu selama 84 hari. Untuk penjelasan perubahan lama dan biaya pekerjaan proyek lebih lanjut dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

TABEL 3. 3 TIME COST TRADE OFF WAKTU DAN BIAYA PROYEK PEMASANGAN JARINGAN PIPA PADA PT. MASWANDI

Aktivitas	Waktu (Hari)		Biaya (Rp.)		Biaya Crash / Hari
	Normal	Crash	Normal	Crash	
A1	98	88	47.040.000	52.385.454,5	595.289,26
B1	54	48	51.840.000	58.320.000	1.215.000
C2	14	12	11.200.000	13.066.666,7	1.088.888,89
D1	63	50	75.600.000	95.256.000	1.905.120
E1	30	25	48.000.000	57.600.000	2.304.000
G5	36	30	43.200.000	51.840.000	1.728.000
J1	14	12	16.800.000	19.600.000	1.633.333,33
K1	63	50	50.400.000	63.504.000	1.270.080
M1	56	40	22.400.000	31.360.000	784.000

N1	49	35	39.200.000	54.880.000	1.568.000
----	----	----	------------	------------	-----------

Setelah adanya percepatan waktu menggunakan time cost trade off, biaya proyek mengalami perubahan. Didapatkan total biaya proyek baru sebagai berikut:

TABEL 3. 4 TOTAL BIAYA PROYEK SETELAH TIME COST TRADE OFF

Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp.)
Biaya Material	Rp. 49.580.618.945,79
Biaya Upah	Rp. 1.382.052.121,2
Total Biaya	Rp.50.962.671.066,99

TABEL 3. 5 PERHITUNGAN FORWARD PASS, BACKWARD PASS, DAN SLACK/FLOAT SETELAH MENGGUNAKAN TIME COST TRADE OFF

Aktivitas	Kode	Durasi	Predecessor	ES	EF	LS	LF	Slack
PEKERJ AAN PERSIAPAN	A							
Pekerjaan Mobilisasi dan Demobilisasi	A1	88	-	0	88	0	88	0
PEKERJ AAN TANAH	B							
Pekerjaan Tanah	B1	48	A1	88	136	88	136	0
Pekerjaan Pasangan Turap Sungai	B2	58	A1	88	146	208	266	120
PEKERJ AAN STRUKTUR	C							
Pekerjaan dengan Struktur Bronjong dan Pasangan Batu Kali	C1	13	B1	136	149	368	381	232
Pekerjaan Pemasangan Aksesoris	C2	12	B1	136	148	136	148	0
Pekerjaan Perbaikan Pos Jaga	C3	10	B1	136	146	349	359	213
Pekerjaan Ruang Ganti	C4	18	B1,B2	146	164	375	393	229
Pekerjaan Rumah Panel Pempa	C5	14	B2	146	160	266	280	120

Pekerjaan Pavingisasi Jalan ke Lokasi	C6	14	B2	146	160	351	365	209
PEKERJ AAN PEMASANGAN PERPIPAAN DAN AKSES	D							
Pekerjaan Pagar Keliling/Perpindahan Perpipaan	D1	50	C2	148	198	148	198	0
PEKERJ AAN PIPA TRANSMISI	E							
Pekerjaan Pipa Transmisi	E1	25	D1	198	223	201	226	3
Pekerjaan Aksesoris	E2	33	D1	198	231	198	231	0
PEKERJ AAN PIPA JDU	F							
Pekerjaan Pipa HDPE JDU	F1	23	E1,E2	231	254	233	256	2
Pekerjaan Aksesoris Pipa	F2	22	E2	231	253	234	256	3
Pekerjaan Perbaikan Saluran didesa Ceme	F3	25	E2	231	256	231	256	0
PEKERJ AAN PIPA HDPE DAN AKSESORIS	G							
Pekerjaan Pipa HDPE	G1	33	C3	146	179	360	393	214
Pekerjaan Pengadaan Pipa	G2	32	C3	146	178	361	393	215
Pekerjaan Pipa HDPE	G3	34	C3	146	180	359	393	213
Pekerjaan Pipa HDPE	G4	33	E2	231	264	285	318	54
Pekerjaan Pipa HDPE	G5	30	E1	223	253	226	256	3
PEKERJ AAN PERBAIKAN ASPAL	H							

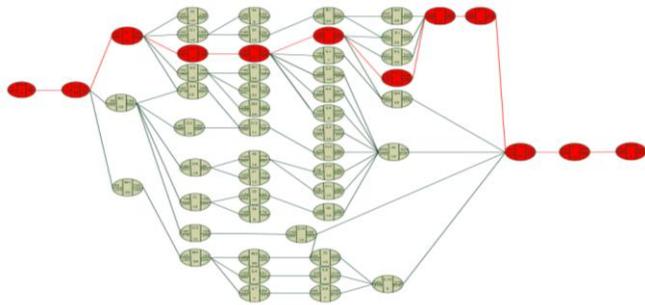
Pekerjaan Pengaspalan Akibat Galian Pipa	H1	50	A1	88	138	130	180	42
Pekerjaan Rabat Beton Akibat Galian Pipa	H2	54	H1	138	192	180	234	42
Pekerjaan Pasangan Batu Kali Untuk Perbaikan Saluran	H3	64	H2	192	256	234	298	42
PEKERJ AAN JEMBATAN PIPA	I							
Pekerjaan Persiapan Jembatan Pipa J.03L	I1	10	B2	146	156	284	294	138
Pekerjaan Jembatan Bentang 16 meter	I2	10	B1	136	146	383	393	247
Pekerjaan Pipa dan Aksesoris	I3	10	I1	156	166	294	304	138
Pekerjaan Persiapan Jembatan J.04 L	I4	9	C1	149	158	384	393	235
Pekerjaan Jembatan Bentang 18 M	I5	12	C1	149	161	381	393	232
Pekerjaan Pipa dan Aksesoris U/ J.04 L	I6	16	C6	160	176	365	381	205
Pekerjaan Persiapan Jembatan	I7	12	C6	160	172	381	393	221
Pekerjaan Jembatan Bentang 38 M	I8	8	I1	156	164	296	304	140
Pekerjaan Pipa dan Aksesoris J. 05 L	I9	14	I3	166	180	304	318	138
Pekerjaan Persiapan Jembatan 06 – L	I10	10	I6	176	186	383	393	207
Pekerjaan Jembatan Bentang 88 M	I11	12	I6	176	188	381	393	205
Pekerjaan Pipa dan Aksesoris J. 06 – L	I12	11	C5	160	171	280	291	120

Pekerjaan Persiapan Jembatan 07 – L	I13	12	B2	146	158	276	288	130
Pekerjaan Jembatan Bentang 26 M	I14	10	I13	158	168	288	298	130
Pekerjaan Pipa dan Aksesoris J.07 – L	I15	11	I12	171	182	291	302	120
PEKERJ AAN PIPA PELAYANAN	J							
Pekerjaan Pemasangan SR Pipa Pelayan	J1	12	G5	256	268	256	268	0
Pekerjaan Sambungan SR Pipa PVC	J2	12	H3	256	268	298	310	42
Pekerjaan Crossing Pipa	J3	16	I15	208	224	302	318	94
PEKERJ AAN JACKING PIPA	K							
Pekerjaan Jacking/ Boring Jalan	K1	50	J1	268	318	268	318	0
PEKERJ AAN PERLIN TASAN SUNGAI/ SALURAN	L							
Pekerjaan Spesial Crossing Desa Ceme Pipa DN 400 MM	L1	7	D1	198	205	278	285	80
Pekerjaan Spesial Crossing	L2	10	D1	198	208	292	302	94
Pekerjaan Spesial Crossing	L3	9	D1	198	207	293	302	95
Pekerjaan Spesial Crossing	L4	8	D1	198	206	294	302	96
Pekerjaan Spesial Crossing	L5	10	D1	198	208	292	302	94
Pekerjaan Spesial Crossing	L6	9	H2	192	201	292	301	100
Pekerjaan Spesial Crossing	L7	7	H2	192	199	296	303	104

Pekerjaan Spesial Crossing	L8	9	L6	201	210	301	310	100
Pekerjaan Spesial Crossing	L9	7	L7	199	206	303	310	104
Pekerjaan Spesial Crossing	L10	8	L8,L9	268	276	310	318	42
PEKERJAAN MEKANI KAL DAN ELEKTRIKAL	M							
Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal	M1	40	J3, K1, L10	318	358	318	358	0
PEKERJAAN LAI-LAIN	N							
Pekerjaan Lain-Lain	N1	35	M1	358	393	358	393	0

Berikut ini adalah identifikasi jalur kritis dan waktu pengerjaan proyek setelah *crash*:

1. Aktivitas dengan *Slack* = 0 yaitu pekerjaan dengan kode A1-B1-C2-D1-E2-F3-J1-K1-M1-N1
2. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek yaitu 393 hari.



TABEL 3. 6 HASIL ANALISIS WAKTU DAN BIAYA Pengerjaan PROYEK

Waktu (Hari)	Biaya
Normal	Rp. 50.871.538.945,79
<i>Critical Path Method</i>	Rp. 50.871.538.945,79
<i>Crash Program</i>	Rp. 50.962.671.066,99

1. Efisiensi Waktu Pengerjaan Proyek

$$= \frac{\text{Waktu Normal Proyek} - \text{Waktu Proyek Setelah Crash}}{\text{Waktu Normal}} \times 100$$

$$= \frac{477 - 393}{477} \times 100\% = 0,176 \rightarrow 17,6\%$$

2. Efisiensi Biaya Proyek

Persentase *Time Cost Trade Off*

$$= \frac{\text{Total Biaya setelah Trade Offs} - \text{Biaya Real}}{\text{Biaya Real}} \times 100\%$$

$$= \frac{50.962.671.066,99 - 50.871.538.945,79}{50.871.538.945,79} \times 100\%$$

$$= 0,0018 \rightarrow 0,18\%$$

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan dalam penelitian ini, penulis menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Pekerjaan proyek Pemasangan Jaringan Pipa termasuk Aksesoris dan Perlengkapannya pada PT. Maswandi di Jakarta menggunakan *Gantt Chart* yang didasarkan pengalaman dan perkiraan, perusahaan menyelesaikan pekerjaan dengan waktu selama 477 hari dan biaya sebesar Rp. 50.871.538.945,79
2. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) waktu pekerjaan tetap 477 hari, kemudian berdasarkan kesepakatan dengan perusahaan, dilakukan percepatan waktu pekerjaan proyek menggunakan *Time Cost Trade Off* selama 84 hari sehingga dapat mempercepat lama pekerjaan proyek menjadi 393 hari dengan efisiensi waktu pengerjaan sebesar 17,6 % dan biaya pengerjaan proyek Pemasangan Jaringan Pipa termasuk aksesoris dan perlengkapannya pada PT. Maswandi setelah *Crash* menggunakan *Time Cost Trade Off* menjadi Rp.50.962.671.066,99 dengan persentase kenaikan biaya proyek sebesar 0,18 %

V. SARAN

A. Saran Teoritis

PT. Maswandi sebaiknya menggunakan pengalamannya dalam melaksanakan atau menyelesaikan proyek pembangunan yang sudah diselesaikan sebelumnya dengan pembangunan yang sedang atau akan dilakukan dengan kriteria pembangunan yang serupa sehingga lebih mudah untuk mengetahui waktu ataupun biaya pengerjaan pembangunannya. Misalnya, aktivitas mana saja yang dapat ditunda pekerjaannya dan aktivitas mana saja yang tidak dapat ditunda pekerjaannya serta aktivitas mana saja yang berada dalam jalur kritis agar proyek dapat diselesaikan sesuai jadwal dengan biaya yang paling efisien.

B. Saran Praktis

PT. Maswandi sebaiknya menggunakan pengalamannya dalam melaksanakan atau menyelesaikan proyek pembangunan yang sudah diselesaikan sebelumnya dengan pembangunan yang sedang atau akan dilakukan dengan kriteria pembangunan yang serupa sehingga lebih mudah untuk mengetahui waktu ataupun biaya pengerjaan pembangunannya. Misalnya, aktivitas mana saja yang dapat ditunda pekerjaannya dan aktivitas mana saja yang tidak dapat ditunda pekerjaannya serta aktivitas mana saja yang berada dalam jalur kritis agar proyek dapat diselesaikan sesuai jadwal dengan biaya yang paling efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bordley, R. F., Keisler, J. M., & Logan, T. M. 2019. *Managing Projects with Uncertain Deadlines*. European Journal of Operational Research, 274 (1), 291-302.
- [2] Husen, Abrar. 2011. *Manajemen Proyek : Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek*. Yogyakarta : Penerbit ANDI
- [3] Lester, A. 2017. *Project Management, Planning and Control (Seventh Edition): Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects To PMI, APM And BSI Standards*. Elsevier
- [4] Muhardi. 2011. *Manajemen Operasi Suatu Pendekatan Kuantitatif untuk Pengambilan Keputusan*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- [5] Stevenson, William J. & Sum Chee Chuong. 2013. *Manajemen Operasi Perspektif Asia*, Edisi 11, Alih Bahasa : Diana Angelica, David Wijaya dan Hirson Kurnia, (2014), Salemba Empat, Jakarta.