

Redesign Road Project Using Critical Chain Project Management Method and Crashing Method

Perencanaan Ulang Proyek Jalan Menggunakan Metode *Critical Chain Project Management* Dan Metode *Crashing*

Arif Budi Sulisty¹, Ilpan¹, Afni Khadijah¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya

Jl. Ciwaru Raya No.73, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten

email : arif.b.sulisty@gmail.com

doi: <https://doi.org/10.31315/opsi.v14i2.5651>

Received: 22nd October 2021; Revised: 4th December 2021; Accepted: 6th December 2021;

Available online: 21st December 2021; Published regularly: December 2021

ABSTRACT

Construction of the Provincial road project from Parigi to Sukamanah is carried out by PT. Jaya Madiri Konsulindo as consultant and PT. Karya Tunas Mandiri Persada as contractor. The problem of the construction project is implementation duration does not match to previous planning which results delay in completion time. It is necessary to re-plan the project in order to get either optimal time or cost. The purpose of this research is to find out the critical work path using critical chain project management method by utilizing microsoft project software and optimization of project time and cost using crashing method with alternative increase of working hours (overtime) and addition of labor. The research' scope is limited on labor cost only. Based on the results of the study obtained that initial labor wage cost is IDR 585,025,000.00 with a working duration of 154 days, and results of the alternative crashing method is lower with labor wage cost IDR 576,750,000.00. It could save cost about IDR 8,275,000.00 with duration of work 150 days or earlier 4 days from the initial duration.

Keywords: Critical Chain Project Management; Crashing; Critical Job Path; Scheduling

ABSTRAK

Pembangunan proyek jalan Provinsi ruas jalan Parigi sampai Sukamanah dilaksanakan oleh PT. Jaya Mandiri Konsulindo sebagai konsultan dan PT. Karya Tunas Mandiri Persada sebagai kontraktor. Permasalahan yang terjadi pada pembangunan proyek jalan tersebut adalah pelaksanaan proyek yang tidak sesuai dengan waktu perencanaan sehingga mengakibatkan proyek mengalami keterlambatan waktu penyelesaian. Untuk itu diperlukan perencanaan proyek agar menghasilkan waktu dan biaya yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jalur pekerjaan kritis menggunakan metode critical chain project management dengan aplikasi microsoft project dan optimalisasi waktu dan biaya proyek menggunakan metode crashing dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Penelitian ini hanya membahas biaya tenaga kerja saja. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa biaya upah tenaga kerja awal sebesar Rp. 585,025,000.00 dengan durasi waktu kerja 154 hari, sedangkan hasil yang didapatkan dari crashing dengan melakukan penambahan tenaga kerja adalah biaya upah tenaga kerja sebesar Rp. 576,750,000.00 atau dapat menghemat biaya sebesar Rp. 8,275,000.00, dan waktu proyek 150 hari atau 4 hari lebih cepat.

Kata Kunci: Critical Chain Project Management; Crashing; Jalur Pekerjaan Kritis; Penjadwalan

1. LATAR BELAKANG

Permasalahan proyek konstruksi jalan yang sering ditemui adalah pada tahap pelaksanaan, dimana sering terjadi perubahan yang mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek. Hal ini juga terjadi saat pembangunan

proyek jalan provinsi ruas jalan Parigi sampai Sukamanah yang dilaksanakan oleh PT. Jaya Mandiri Konsulindo sebagai konsultan dan PT. Karya Tunas Mandiri Persada sebagai kontraktor. Manajemen proyek merupakan suatu proses dimana individu sebagai bagian



dari organisasi yang berpartisipasi dalam pemeliharaan, pengembangan, pengendalian dan menjalankan program yang selaras dengan tujuan yang ditetapkan dan berlangsung terus menerus seiring dengan berjalannya waktu (Setiawan et al., 2017). Faktor potensial yang dapat mempengaruhi keterlambatan proyek yaitu tenaga kerja, pengiriman dan kondisi bahan baku pembangunan jalan, peralatan yang digunakan, karakteristik tempat, dan intensitas curah hujan tinggi yang mengganggu pelaksanaan proyek. Hal ini juga terjadi pada proyek pembangunan jalan provinsi ruas jalan Parigi dan Sukamanah pada tahun 2019, sehingga waktu penyelesaian proyek tidak sesuai dengan waktu perencanaan awal proyek tersebut. Oleh sebab itu, proyek tidak berjalan dengan lancar dan mengakibatkan penambahan waktu yang melebihi dari perencanaan awal, sehingga ada proyek yang tertunda atau tidak dapat di lanjutkan. Dalam hal ini dibutuhkan perencanaan penjadwalan proyek yang lebih baik sehingga proyek dapat berjalan sesuai dengan rencana yang telah disusun dan tidak menyebabkan penambahan waktu proyek atau mengakibatkan proyek tertunda. Peneliti melakukan studi kasus pada perencanaan ulang proyek pembangunan jalan provinsi ruas jalan Parigi sampai Sukamanah Kecamatan Serang, Banten dengan sistem perencanaan pembangunan jalan menggunakan metode *critical chain project management (microsoft project)* dan metode *Crashing* dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan alternatif penambahan jam kerja.

Hasil penelitian yang dilakukan diharapkan bisa menjadi rujukan bagi konsultan dalam merencanakan proyek, guna menghindari keterlambatan waktu proyek dan meminimalkan biaya proyek. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu penyelesaian proyek (Olivia & Puspasari, 2019).

Hasil penelitian yang dilakukan diharapkan bisa menjadi rujukan bagi konsultan dalam merencanakan proyek, guna menghindari keterlambatan waktu proyek dan meminimalkan biaya proyek. Pada metode *Critical Chain Project Management* ini penambahan waktu

aman (*safety time*) yang biasanya diletakkan pada setiap aktivitas jalur kritis akan dihilangkan dan digantikan dengan waktu penyangga (*buffertime*) yang diletakkan diakhir *critical chain* sebagai cadangan waktu pada keseluruhan proyek. Apabila hal-hal yang tidak diinginkan terjadi saat pelaksanaan proyek, maka dapat diantisipasi dengan adanya waktu penyangga (*buffer time*) sehingga terhindar dari keterlambatan waktu proyek yang telah direncanakan. Metode *crashing* yang digunakan dapat memunculkan alternatif dalam rangka menghindari keterlambatan waktu proyek dengan cara menambah jam kerja atau penambahan tenaga kerja pada proyek.

Critical Chain project Management (CCPM) mengambil dasar metode dan algoritma dari TOC (*Theory Of Constraint*). Ide dari CCPM dikembangkan dan diperkenalkan oleh Dr. Elihayu M Goldratt pada tahun 1997 dalam bukunya yang berjudul *Critical Chain*. CCPM atau dikenal juga sebagai metode rantai kritis adalah metode perencanaan dan pengolahan proyek yang menekankan pada sumber daya yang diperlukan dalam rangka melakukan tugas proyek (Sinaga & Husin, 2021). Tujuan dari penggunaan CCPM dalam menyelesaikan proyek adalah untuk meningkatkan tingkat *throughput* atau tingkat penyelesaian proyek (Ningrum et al., 2017). Bidang tantangan lain bagi manajer proyek yang menerapkan metode CCPM adalah perencanaan sumber daya. Saat merencanakan sumber daya di lingkungan multi-proyek, metode rantai kritis merekomendasikan untuk mengerjakan proyek awal di sekitar sumber daya utama. Ini digunakan untuk memastikan aliran dan menghindari terlalu banyak proyek terbuka yang mengakibatkan *multitasking* berlebihan dan melewatkan tenggat waktu (Araszkievicz, 2017).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mempercepat durasi waktu suatu proyek disebut *crashing*. Proses *crashing* dilakukan dengan cara mempercepat durasi suatu pekerjaan pada proyek yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. *Crashing* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis, dan analitik dengan upaya melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis (Olivia & Puspasari, 2019). Analisis perhitungan percepatan biaya proyek konstruksi



dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*, sehingga dengan metode tersebut suatu kontraktor dapat melihat waktu dan biaya yang lebih efisien dalam menyelesaikan suatu konstruksi (Tegar et al., 2020). Seperti penelitian pada Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta dihasilkan dengan penambahan jam kerja diperoleh pengurangan biaya sebesar Rp.1.012.856.772,54 dari biaya normal Rp.90.620.898.879,84 menjadi Rp.89.608.042.107,30 dengan durasi 392 hari, bila dilakukan shift kerja terjadi pengurangan biaya Rp.1.240.492.176,44 menjadi Rp.89.380.406.703,40 dengan durasi 382 hari (Giri et al., 2017). Juga studi kasus pada peningkatan jalan Pelantaran–Parenggean–Tumbang Sangai, durasi proyek bisa dipercepat 10 hari menjadi 590 hari, efisiensi waktu sebesar 1,67 % dan menghemat biaya proyek Rp 500.023.306,- menjadi Rp 72.374.976.694, dengan efisiensi biaya 0,69 % (Olivia & Puspasari, 2019). Faktor-faktor keterlambatan diantaranya, tenaga kerja, peralatan kerja, material, informasi dan komunikasi, karakteristik lokasi proyek, pengelolaan proyek, dan kejadian yang tidak terduga (Ramang et al., 2017).

2. METODE

Lokasi yang menjadi objek penelitian adalah pembangunan jalan Provinsi di ruas jalan Parigi dan Sukamanah pada tahun 2019 dengan panjang jalan 7 km dan penelitian ini dilakukan pada tahun 2020. Dalam penelitian yang dilakukan menggunakan metode *critical chain project management* memiliki tahap-tahap dalam melakukan analisis perencanaan ulang pembangunan jalan Provinsi di ruas jalan Parigi dan Sukamanah adalah:

1. Tahap persiapan, adalah tahap mengkaji permasalahan yang dialami saat proyek yang tidak sesuai target waktu ketika melakukan perencanaan dan pelaksanaan proyek.
2. Tahap pengumpulan data, adalah pengambilan data primer maupun data sekunder yang dilakukan dengan cara wawancara kepada konsultan dan kontraktor yang merencanakan dan melaksanakan proyek pembangunan

jalan.

3. Tahap analisis, mencari jalur pekerjaan kritis menggunakan metode *critical chain project management* berdasarkan pemantauan pelaksanaan proyek menggunakan Kurva S, menganalisis alternatif yang dapat digunakan dalam upaya mempercepat waktu proyek dan meminimalisir biaya proyek dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan penambahan tenaga kerja pada proyek.

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 ditetapkan bahwa upah penambahan tenaga kerja. Penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah/jam waktu normal pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah/jam waktu normal. Penambahan tenaga kerja dimaksudkan untuk menambah produktivitas. Durasi proyek dapat dipercepat dengan penambahan alat berat yang mempunyai produktivitas yang lebih tinggi. Juga perlu diperhatikan luas lahan untuk menyediakan tempat bagi alat berat tersebut dan pengaruhnya terhadap produktivitas tenaga kerja (Mandiyo Priyo, 2017). Penelitian ini menggunakan jenis data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung tanpa perantara, data yang diperoleh adalah dengan observasi, wawancara, Rencana Anggaran Biaya (RAB), *time schedule* (Kurva S) dan data upah tenaga kerja pada objek penelitian proyek. Data sekunder adalah data yang diperoleh dengan cara tidak langsung melainkan melalui sumber lain atau perantara, baik lisan maupun tertulis. Data sekunder yang diperoleh adalah penelitian terdahulu tentang perencanaan proyek.

3. PEMBAHASAN

Data Penelitian yang sudah dikumpulkan dapat dilihat pada Tabel 1.

3.1 Hubungan Antar Kegiatan

Untuk menentukan jalur pekerjaan kritis diperlukan terlebih dahulu hubungan antar kegiatan yang akan dimaksudkan kedalam *Microsoft project 2019*. Menghubungkan antar kegiatan dengan cara mengisi kolom

Tabel 1. Rekapitulasi Data

Code	Kegiatan	Volume	Hari	Satuan Unit
1	DIVISI 1. UMUM			
1.1	Mobilisasi	1.00	15 4	
1.2	Manajemen dan KeselamatanLalu Lintas	1.00	14 0	(1.1)SS+14 day
2	DIVISI 2. DRAINASE			
2.1	Pasangan Batu Dengan Mortar	25.00	7	(1.2)SS
2.2	Beton K-250 (FC'200) untuk struktur drainase beton minor	5.00	7	(2.1)SS
2.3	Baja Tulangan Untuk Struktur drainase beton minor	375.00	7	(2.2)SS
3	DIVISI 3. PEKERJAANTANAH			
3.1	Galian Biasa (pelebaran)	3,407.60	56	(2.3)FS+7 day
3.2	Timbunan Biasa dari sumbergalian	135.00	14	(3.1)FS+49day
3.3	Penyiapan Badan Jalan	29,853.60	56	(3.1)SS
4	DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN			
4.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	1,119.40	42	(4.2)SS+14 day
4.2	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	1,865.60	42	(3.3)SS+7 day
4.3	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	2,611.90	42	(4.1)FS+28 day
5	DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR			
5.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	423.40	21	(4.2)SS+21 day
5.2	Perkerasan Beton Semen FSdengan Anyaman Tulangan Tunggal	7,592.50	91	(5.1)SS+7 day
5.3	Lapis pondasi Bawah BetonKurus	3,188.90	91	(5.2)SS
6	DIVISI 6. STRUKTUR			
6.1	Baja Tulangan U 24 Polos	110,969.10	98	(5.1)SS
6.2	Anyaman Kawat Yang Dilas (Welded Wire Mesh)	188,070.60	98	(6.1)SS
6.3	Pasangan Batu	680,90	49	(6.2)SS-14 day
7	DIVISI 7. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAANMINOR			
7.1	Lapis Pondasi Agregat A utk Pekerjaan Minor	50.00	42	(6.3)FS+21day
7.2	Lapis Pondasi Agregat B utk Pekerjaan Minor	675.00	42	(7.1)SS
7.3	Marka Jalan Termo Plastik	2,611.90	28	(7.1)SS+14day

Sumber : Daftar analisis pekerjaan, *time schedule*, dan laporan bulanan proyek pada pembangunan Jalan Parigi

predecessors (tugas yang harus diselesaikan sebelum tugas tertentu dimulai) sesuai dengan *time schedule*. Tahap selanjutnya adalah mencari jalur kritis atau *critical job path* pada proyek tersebut, dimana merupakan aktivitas yang sangat mempengaruhi panjang pendeknya keseluruhan proyek. Jalur pekerjaan kritis didapatkan dari aplikasi *Microsoft Project*. Jalur

pekerjaan kritis dapat diidentifikasi seperti tertera pada Tabel 2.

3.2 Biaya Upah Tenaga Kerja

Proyek kontruksi yang dilaksanakan pada ruas jalan yang menghubungkan daerah Parigi dengan daerah Sukamanah memiliki nilai

Tabel 2. Jalur pekerjaan kritis

Code	Kegiatan	Durasi hari
3.1	Galian Biasa (Pelebaran)	56
3.3	Penyiapan Badan Jalan	56
4.2	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	42
5.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	21
5.2	Perkerasan Beton Semen FS dengan Anyaman Tulangan Tunggal	91
5.3	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus	91
7.1	Baja Tulangan U 24 Polos	98
7.2	Anyaman Kawat Yang Dilas (Welded Wire Mesh)	98
7.3	Pasangan Batu	49

kontrak atau acuan nominal upah/gaji pekerja sebagai berikut:

Contoh perhitungan upah/jam pada pekerja mandor

Pekerja = Mandor

Biaya upah perhari = Rp 120,000.00

Jam kerja perhari = 7 jam/hari

Biaya upah perjam = biaya upah perhari ÷ jam

kerja perhari = Rp 120,000.00 ÷ 7 jam

= Rp 17,142.86 /jam

Jadi upah pekerja pada mandor sebesar Rp. 17,142.86/jam, pada pekerjaan lain pun sama perhitungannya dan hasil dari perhitungan biaya upah perjam dapat dilihat pada tabel 3 dan 4.

3.3 Percepatan Durasi Kerja Menggunakan Metode *Crashing*

Metode *crashing* dapat dilakukan pada proyek yang mengalami keterlambatan waktu atau pada proyek yang ingin dipersingkat waktu

Tabel 3 Acuan Upah Tenaga Kerja

No	Pekerjaan	Upah/Hr(Rp)	Upah/Jam(Rp)
1	Mandor	120,000.00	17,142.86
2	Kepala Tukang	110,000.00	15,714.29
3	Tukang Batu	65,000.00	9,285.71
4	Tukang Kayu	65,000.00	9,285.71
5	Tukang Besi/Baja	65,000.00	9,285.71
6	Tukang Cat	65,000.00	9,285.71
7	Tukang Listrik	65,000.00	9,285.71
8	Tukang Pipa	65,000.00	9,285.71
9	Tukang Plitur	65,000.00	9,285.71
10	Tukang Taman	65,000.00	9,285.71
11	Tukang	65,000.00	9,285.71
12	Pembantu Tukang	42,000.00	6,000.00
13	Pekerja Biasa	42,000.00	6,000.00
14	Operator	75,000.00	10,714.29
15	Mekanik	65,000.00	9,285.71
16	Pembantu Sopir	42,000.00	6,000.00
17	Pembantu Operator	50,000.00	7,142.86
18	Pembantu Mekanik	42,000.00	6,000.00

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{produktivitas harian}}{\text{jam kerja normal}}$$

$$= \frac{5,33}{7} = 0,76 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas Crashing

$$= (\text{jam normal} \times \text{produktivitas perjam})$$

$$+ \left(\frac{\text{jumlah jam lembur} \times \text{produktivitas pekerja}}{\text{predouktivitas perjam}} \right)$$

$$= (7 \times 0,76) + (1 \times 0,9 \times 0,76)$$

$$= 6,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas crashing}}$$

$$= \frac{298,536}{6,02} = 49,6 = 50 \text{ hari}$$

$$\text{Maksimal crash} = \text{durasi normal} - \text{crash duration}$$

$$= 56 - 50 = 6 \text{ hari}$$

Jadi pada pekerjaan galian biasa (pelebaran jalan) pada divisi 3.1, *crash duration* didapatkan nilai 50 hari atau dapatdi *crash* 6 hari durasi kerja. Begitupun pada pekerjaan lain yang berada pada jalur kritis seperti pada tabel 5.

Dari hasil tabel 5 maka dalam alternatif penambahan 1 jam lembur dapat mengubah durasi pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat, perencanaan dan pelaksanaan proyek dimulai pada tanggal 5 Juni 2019 dan selesai pada tanggal 30 Oktober 2019 dengan durasi proyek menjadi 148hari, atau pelaksanaan proyek dapat maju selama 6 hari kerja dari durasi awal. Contoh perhitungan *crash cost* pada jalur kritis, pekerja mandor untuk penambahan lembur 1 jam

pertama pada pekerjaan divisi 3.1, pekerjaan galian biasa (pelebaran jalan).

Upah lembur 1 jam pertama = 1,5 dari upah perhari

Durasi setelah *crashing* = 50 hari

Biaya lembur 1 jam = 1,5 x biaya normal perjam

Mandor = 1,5 x Rp 17,142.86 = Rp 25,714.29

Operator *excavator* = 1,5 x Rp 10,714.29 = Rp 16,071.43

Mengukur ketebalan jalan = 1,5 x Rp 9,285.71 = Rp 13,928.57

Penanganan lalulintas = 1,5 x Rp 9,285.71 = Rp 13,928.57

Biaya lembur perhari = jumlah tenaga kerja x upah tenaga kerja lembur

1 jam Mandor = 1 x Rp 25,714.29

= Rp 25,714.29

Operator *excavator* = 1 x Rp 16,071.43

= Rp 16,071.43

Mengukur ketebalan jalan = 1 x Rp 13,928.57

= Rp 13,928.57

Penanganan lalul intas = 1 x Rp 13,928.57

= Rp 13,928.57

Biaya lembur perhari = Rp. 69,642.80

Total biaya upah lembur 1 jam/hari = total upah normal/hari + total upah lembur 1 jam

Total biaya upah lembur jam/hari

= Rp 325,000.00 + Rp 69,642.80

= Rp. 394,642.80

Tabel 5. *Crashing* durasi hari kerja

Code	Volume (m ³)	Durasi (hari)	Produktivitas Harian	Prduktivitas/ Jam	Produktivitas Sesudah <i>Crashing</i>	Durasi <i>Crashing</i> (hari)	Crash (hari)
3.1	340.76	56	6.09	0.87	6.87	49.6	6
3.3	298.54	56	5.33	0.76	6.02	49.6	6
4.2	186.56	42	4.44	0.63	5.01	37.2	5
5.1	423.4	21	20.16	2.88	22.75	18.6	2
5.2	759.25	91	8.34	1.19	9.42	80.6	10
5.3	318.89	91	3.50	0.50	3.95	80.6	10
6.1	110.97	98	1.13	0.16	1.28	86.8	11
6.2	188.08	98	1.92	0.27	2.17	86.8	11
6.3	680.9	49	13.90	1.99	15.68	43.4	6

Tabel 6. *Cost crashing* pada pekerjaan yang berada di jalur kritis

Code	Durasi	Crash	Biaya upah	Biaya upah
	Normal	Duration	Sebelum Crashing (Rp)	Crashing lembur 1 Jam (Rp)
3.1	56	50	18,200,000.00	19,732,000.00
3.3	56	50	14,000,000.00	15,179,000.00
4.2	42	37	16,380,000.00	17,552,000.00
5.1	21	19	10,920,000.00	11,997,000.00
5.2	91	81	132,860,000.00	131,104,000.00
5.3	91	81	105,560,000.00	114,094,000.00
6.1	98	87	69,090,000.00	74,478,000.00
6.2	98	87	37,240,000.00	40,144,000.00
6.3	49	43	31,360,000.00	36,212,000.00

Tabel 7. Crashing durasi kerja pada penambahan pekerja

Code	Volume (m ³)	Durasi (hari)	Jumlah Pekerja Setelah ditambah	Prduktivitas awal/ Orang/hari	Prduktivitas/ Orang/hari	Prduktivitas setelah ditambah/ Orang/Hari	Durasi <i>Crashing</i> (hari)	<i>Crash</i> Hari
3.3	298.536	56	4	5.33	1,78	7,11	42	14
4.2	186.56	42	7	4.44	0,8	6,22	30	12
5.1	423.4	21	9	20.16	2,88	25,92	16	5
5.2	759.25	91	22	8.34	0,40	8,74	87	4
5.3	318.89	91	18	3.50	0,21	3,71	86	5

Dari tabel 6 didapatkan perbandingan biaya sebelum *crashing* dengan biaya setelah *crashing* penambahan jam kerja (lembur) dengan hasil biaya sebesar Rp. 606,722,000.00 dengan selisih penambahan biaya sebesar Rp. 21,697,000.00.

3.5 Penambahan Tenaga Kerja

Alternatif kedua yang dapat dilakukan oleh kontraktor dan konsultan dalam mengoptimalkan pelaksanaan proyek adalah dengan upaya menambah tenaga kerja berdasarkan hasil dari wawancara yang dilakukan, penambahan tenaga kerja dilakukan pada pekerjaan yang memiliki volume tinggi atau pada pekerjaan yang berada jalur kritis. Contoh perhitungan *crashing* durasi waktu alternatif penambahan tenaga kerja pada pekerjaan divisi 3.3, penyiapan badan jalan sebagai berikut.

Dari hasil tabel 7 maka dalam alternatif penambahan tenaga kerja dapat mengubah durasi pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat, perencanaan dan pelaksanaan proyek dimulai pada tanggal 5 Juni 2019 dan selesai pada tanggal 01 November 2019 dengan durasi proyek menjadi 150 hari, atau pelaksanaan

proyek dapat mundur selama 4 hari kerja dari durasi awal. Contoh perhitungan penambahan biaya upah tenaga kerja pada pekerjaan divisi 3.3, pekerjaan penyiapan badan jalan. Jumlah pekerja = 4 orang, hasil tambahan 1 Durasi hari setelah *crashing* = 42 hari

Upah pekerja/hari = Rp. 65,000.00. Total upah penyiapan badan jalan = penambahan biaya upah + upah mandor = Rp.8,190,000.00 + Rp.5,040,000.00 = Rp.13,230,000.00

Pada tabel 8 didapatkan perbandingan biaya keadaan awal dengan biaya setelah *crashing* penambahan tenaga kerja dengan biaya sebesar Rp. 576,750,000.00 dapat menghemat biaya sebesar Rp. 8,275,000.00.

3.6 Alternatif Yang Digunakan Dalam Perencanaan Proyek

Metode *crashing* yang digunakan dalam alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja terdapat perbedaan biaya yang dihasilkan.

Dari tabel 9 dapat diambil kesimpulan *crashing* dari kedua alternatif bahwa menggunakan penambahan tenaga kerja menjadi pilihan dan dapat digunakan oleh

Tabel 8. Biaya upah penambahan tenaga kerja

Code	Pekerjaan	Biaya	Jumlah	Durasi	Cost
		Pekerja/Hari	Pekerja	Crashing (hari)	Crashing (Rp)
	Mandor	120,000.00			
	Operator	75,000.00			
	Tukang	65,000.00			
3.3	Penyiapan badan jalan		4	42	13,230,000.00
4.2	Penebaran adukan semen		7	30	15,600,000.00
4.2	Perapihan bahu jalan				
5.1	Penghampar agregat B		9	16	10,400,000.00
5.2	Pencangkul beton		22	87	132,675,000.00
5.3	Pencangkul beton		18	86	105,350,000.00
6.1	Membentuk baja				
6.1	Pemasangan Baja		12	82	68,470,000.00
6.2	Perakitan kawat Las		7	70	35,700,000.00
6.3	Pengaduk batu & semen				
6.3	Pengangkut batu		12	37	30,895,000.00
6.3	Memasang Batu				

Tabel 9. Perbandingan hasil dari kedua alternatif

Keterangan	Keadaan Sebelum	<i>Crashing</i>	<i>Crashing</i>
	<i>Crashing</i>	1 Jam kerja (lembur)	penambahan Tenaga kerja
Durasi Kerja	154 Hari	148 Hari	150 Hari
Biaya Pekerja	Rp 585,025,000.00	Rp 606,722,000.00	Rp 576,750,000.00
Selisih		Rp 21,697,000.00	Rp (8,275,000.00)

kontraktor maupun konsultan dengan durasi *crashing* 150 hari, didapatkan total biaya menjadi Rp. 576,750,000.00 dan pada alternatif penambahan tenaga kerja dapat menghemat biaya proyek sebesar Rp. 8,275,000.00. Hal ini sesuai penelitian (Priyo, Mandiyo dan Aulia, 2016) dan (Elisabeth Riska Anggraeni, 2017) mendapatkan penambahan waktu lembur lebih efisien dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Durasi aktual pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan 4 hari dari target perencanaan, yaitu dimulai pada tanggal 5 Juni 2019 dan selesai pada tanggal 5 November 2019 dengan durasi selama 154 hari. Faktor penyebab keterlambatan waktu proyek adalah material yang digunakan mengalami keterlambatan

dalam pengiriman akibat akses jalan yang ditempuh mengalami kemacetan dalam perjalanan, dan pada saat pelaksanaan proyek terjadi curah hujan yang cukup tinggi yang mengakibatkan proyek terhenti.

Hasil dari perhitungan alternatif penambahan jam kerja (lembur) didapatkan biaya setelah *crashing* sebesar Rp. 606,722,000.00 dengan tambahan biayasebesar Rp. 21,697,000.00 dan durasi proyek menjadi lebih cepat menjadi 148 hari atau maju 6 hari dari durasi awal. Sedangkan hasil dari alternatif penambahan tenaga kerja didapatkan biaya setelah *crashing* penambahan tenaga kerja sebesar Rp. 576,750,000.00 dapat menghemat biaya sebesar Rp. 8,275,000.00 dan durasi proyek menjadi lebih cepat menjadai 150 hari atau maju 4 hari dari durasi awal. Alternatif penambahan tenaga kerja menjadipilihan dengan hasil durasi *crashing* 150 hari, dengan biaya tenaga kerja awal sebesar Rp. 585,025,000.00



menjadi Rp 576,750,000.00 dapat menghemat biayasebesar Rp. 8,275,000.00.

4.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan dalam pengaplikasian metode *critical chain project management* menggunakan aplikasi *Microsoft project*, konsultan dapat menerapkan metode ini karena hasil dari perencanaan lebih mudah dipahami dan dapat mengetahui pekerjaan yang menjadi fokus utama pada proyek agar tidak mempengaruhi pekerjaan lain, sehingga tidak mengalami keterlambatan waktu proyek.

Dengan menerapkan metode *crashing* konsultan dapat mengoptimalkan perencanaan waktu proyek dan biaya proyek sampai batas maksimal. Konsultan dapat menambahkan alternatif lain seperti penambahan alat yang digunakan pada proyek, agar durasi pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat dan dapat menghindari terjadinya keterlambatan waktu proyek.

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya ditambahkan variabel mengenai penambahan jam lembur menjadi 2 jam kerja dan untuk konsultan supaya ada penambahan durasi proyek sebagai *safety factor* sebagai antisipasi faktor cuaca buruk.

DAFTAR PUSTAKA

- Araszkiwicz, K. (2017). Application of Critical Chain Management in Construction Projects Schedules in a Multi-Project Environment: A Case Study. *Procedia Engineering*, 182, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.108>
- Elisabeth Riska Anggraeni, D. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta). *Journal of Engineering Research and Applications*, 605.
- Giri, F., Ningrum, A., & Hartono, W. (2017). Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur Dan Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha , Yogyakarta). 583–591.
- Mandiyo Priyo, S. S. (2017). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I. Yogyakarta . *Semesta Teknika*, 20(2), 172–186.
- Ningrum, F. G. A., Hartono, W., & Sugiyarto. (2017). Pengertian Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 3.
- Olivia, P., & Puspasari, V. H. (2019). Analisa Percepatan Waktu Proyek Menggunakan Metode Crashing (Studi Kasus : Peningkatan Jalan Pelantaran – Parenggan – Tumbang Sangai). *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 3(1), 41–52.
- Priyo, Mandiyo dan Aulia, M. R. (2016). Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia. *Semesta Teknika*, 18(1), 30–43.
- Putra, Y., & Hartati, S. (2017). Optimalisasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Least Cost Analysis Pada Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai. *Jurnal Sainitis*, Vol. 17 No(April), 100–112.
- Ramang, R., Frans, J. H., & Djahamouw, P. D. K. (2017). Faktor-faktor keterlambatan proyek jalan raya di kota kupang berdasarkan persepsi stakeholder. *Jurnal Sipil Statik*, VI(1), 103–116.
- Setiawan, S., Syahrizal, & Dewi, R. A. (2017). Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi.
- Sinaga, T., & Husin, A. E. (2021). Analysis of Time Efficiency with CCPM Method and BIM in Construction Projects Construction of High-Rise Residential Building Basement. *Civil Engineering and Architecture*, 9(5), 1465–1477. <https://doi.org/10.13189/cea.2021.090519>
- Sulistyo, A. B., & Fikri, M. Al. (2021). *Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Gorda-Bandung)*. 4(1), 25–40.
- Tegar, M., Aji, J., Sari, S. N., Studi, P., & Sipil, T. (2020). Analisis Biaya Percepatan Dengan Metode Time Cost Trade Off Di Pasar. 01(01), 63–72.