

Analisis Perbandingan Penambahan Jam Kerja dan Tenaga Kerja terhadap Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode *Time Cost Trade Off*

Dewi Ayu Sofia¹, Ananda Aulia Eka Putri²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi, Sukabumi 43132

¹E-mail: dewiayusofia@polteksmi.ac.id

²E-mail: anandaauliap25@gmail.com

ABSTRAK

Waktu dan biaya merupakan elemen utama yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu proyek. Suatu proyek dikatakan berhasil apabila memiliki waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimum tanpa mengabaikan mutu hasil pekerjaan. Dalam pelaksanaannya, sering terjadi ketidaksesuaian antara jadwal yang telah direncanakan dengan realisasi di lapangan. Hal ini mengakibatkan adanya keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Untuk mengatasi masalah ini, maka perlu dilakukan percepatan waktu pelaksanaan proyek. Pada penelitian ini akan dilakukan percepatan pada pekerjaan yang ada di lintasan kritis dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Adapun alternatif percepatan yang digunakan adalah dengan menambah jam kerja (lembur) dan jumlah tenaga kerja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan waktu dan biaya antara alternatif percepatan penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Hasil analisis menunjukkan bahwa Pada alternatif percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) diperoleh efisiensi waktu sebesar 14,71%, namun terdapat penambahan biaya sebesar 6,23%. Untuk alternatif percepatan dengan menambahkan jumlah tenaga kerja diperoleh efisiensi waktu sebesar 16,18% dan penambahan biaya sebesar 3,67%.

Kata Kunci

Time Cost Trade Off, *Crash Duration*, *Crash Cost*, penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja

1. PENDAHULUAN

Waktu dan biaya merupakan elemen utama yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu proyek. Suatu proyek dikatakan berhasil apabila memiliki waktu penyelesaian yang singkat dan biaya yang minimum tanpa mengabaikan mutu hasil pekerjaan. Oleh karena itu, untuk menunjang keberhasilan suatu proyek maka diperlukan pengelolaan secara sistematis dan efisien. Dalam pelaksanaannya, sering terjadi ketidaksesuaian antara jadwal yang telah direncanakan dengan realisasi di lapangan. Hal ini mengakibatkan adanya keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Untuk mengatasi masalah ini, maka perlu dilakukan percepatan waktu pelaksanaan proyek. Terdapat beberapa alternatif percepatan waktu yang dapat diambil, antara lain dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, penggunaan peralatan yang lebih produktif, penggunaan material yang lebih cepat pemasangannya, dan metode konstruksi yang lebih cepat [1]. Dalam pemilihan alternatif percepatan, besarnya biaya yang dikeluarkan harus tetap diperhatikan.

Beberapa penelitian terkait percepatan waktu pelaksanaan proyek telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian [1], dipilih alternatif percepatan dengan menambah jam kerja dari satu jam sampai dengan empat jam tanpa adanya penambahan tenaga kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa percepatan dengan biaya optimum diperoleh dengan menambah satu jam

kerja, sedangkan untuk waktu optimum didapat dengan penambahan dua jam kerja. Pada penelitian [2] juga digunakan alternatif percepatan berupa penambahan jam kerja pada proyek pembangunan prasarana pengendali banjir dengan metode *Time Cost Trade Off*. Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya mempercepat durasi proyek dengan menambah jam kerja lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda. Penelitian yang dilakukan oleh [3] mengukur perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek antara sebelum dan sesudah penambahan jam kerja dan tenaga kerja. Item pekerjaan yang ada di lintasan kritis selanjutnya dipercepat dengan metode *Time Cost Trade Off*. Pada penelitian [4] percepatan proyek juga dilakukan dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Alternatif yang digunakan adalah dengan penambahan jam kerja lembur dan mengoptimalkan kapasitas alat. Pemilihan metode *Time Cost Trade Off* serta alternatif berupa penambahan jam kerja dan optimalisasi kapasitas alat dievaluasi oleh [5].

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa percepatan pelaksanaan proyek dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan beberapa skenario alternatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan waktu dan biaya antara alternatif percepatan penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja dengan menggunakan metode *Time Cost*

Trade Off pada proyek pembangunan saluran tepi pada jalan akses *docking* di Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi.

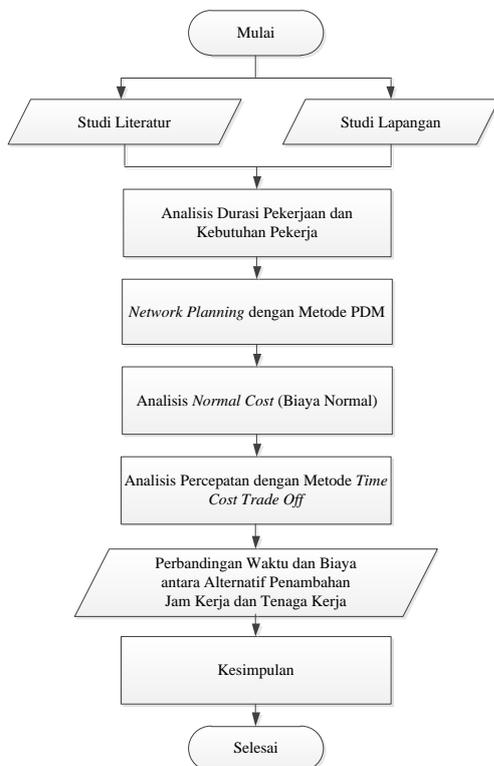
2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan untuk memperoleh tujuan akhir dari penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Melakukan studi lapangan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi. Pada studi lapangan juga dilakukan pengumpulan data berupa Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Studi lapangan ini dibarengi dengan studi literatur guna mencari jawaban atas permasalahan yang terjadi di lapangan.
2. Menghitung durasi pekerjaan dan kebutuhan pekerja.
3. Membuat penjadwalan kerja dengan menginput durasi awal dan membuat jaringan kerja (*network planning*) untuk mengetahui jaringan kritis pada proyek.
4. Menentukan *normal cost* (biaya normal) yang diperoleh dari nilai RAB.
5. Menghitung percepatan pelaksanaan proyek dengan metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan jam kerja dan tenaga kerja.
6. Membandingkan waktu dan biaya antara alternatif percepatan penambahan jam kerja dan tenaga kerja dengan metode *Time Cost Trade Off*.

Adapun bagan alir penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

2.2 Durasi Pekerjaan dan Kebutuhan Pekerja

Sebelum membuat penjadwalan kerja, maka terlebih dahulu diperlukan perhitungan durasi pekerjaan. Durasi untuk setiap pekerjaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Durasi (hari)} = \frac{\text{Volume} \times \text{Koefisien}}{\text{Jumlah Tenaga Kerja}} \quad (1)$$

Indeks atau koefisien tenaga kerja diperoleh dari SNI 2835:2008. Kebutuhan tenaga kerja awal merupakan hasil estimasi dan dapat dihitung ulang setelah durasi diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kebutuhan Tenaga Kerja} = \frac{\text{Volume} \times \text{Koefisien}}{\text{Durasi}} \quad (2)$$

2.3 Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Perencanaan jaringan kerja (*network planning*) adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan dalam diagram jaringan. Dengan demikian dapat diketahui pekerjaan mana yang harus didahulukan [6]. Ada beberapa metode penjadwalan kerja yang memerlukan perencanaan *network planning*, salah satunya adalah metode PDM (*Precedence Diagram Network*).

Pada metode PDM kegiatan lebih menitikberatkan pada *node*. Oleh karena itu, metode PDM sering juga disebut dengan AoN (*Activity on Node*). Pada jaringan kerja ini selanjutnya akan diperoleh lintasan kritis (*critical path*). Lintasan kritis adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek yang apabila terlambat maka akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan [7]. Pada penelitian ini, pembuatan jaringan kerja dengan metode PDM dan penentuan lintasan kritis dibantu oleh perangkat lunak Ms Project.

2.4 Biaya Normal (*Normal Cost*)

Biaya normal diperoleh dari nilai RAB yang merupakan hasil penjumlahan antara biaya langsung dengan biaya tak langsung. Untuk perhitungan biaya normal digunakan rumus berikut ini:

$$\text{Biaya normal} = \text{Biaya langsung} + \text{Biaya tak langsung} \quad (3)$$

$$\text{Biaya tak langsung} = 10\% \times \text{Biaya normal} \quad (4)$$

$$\text{Biaya langsung} = \text{Biaya normal} - \text{Biaya tak langsung} \quad (5)$$

2.5 Metode *Time Cost Trade Off*

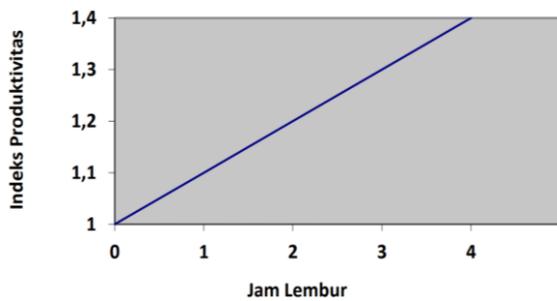
Pada metode *Time Cost Trade Off* dengan adanya perubahan waktu dalam penyelesaian proyek, maka akan turut mengubah biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat, maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung akan berkurang [2].

2.5.1 Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh [1] dan [2], alternatif yang dapat diambil untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur). Penambahan jam kerja (lembur) sangat

sering dilakukan karena memberdayakan sumber daya yang sudah ada di lapangan. Jadi pihak kontraktor hanya perlu mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan. Waktu kerja pekerja normalnya adalah 8 jam. Dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 17.00 dengan satu jam istirahat. Jam lembur dilaksanakan setelah jam kerja normal selesai.

Penambahan jam kerja (lembur) dilakukan dengan menambahkan durasi jam kerja sesuai dengan yang diinginkan. Semakin besar penambahan durasi, maka akan menimbulkan penurunan produktivitas [8]. Indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) ditampilkan pada Gambar 2. Koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Indikasi penurunan produktivitas [8]

Tabel 1. Koefisien penurunan produktivitas [8]

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1	0,1	90
2	0,2	80
3	0,3	70
4	0,4	60

Analisis *crash* dan produktivitas tiap jam serta harian normal maupun setelah percepatan dirumuskan sebagai berikut ini.

- Produktivitas harian normal

$$a = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (6)$$
- Produktivitas tiap jam normal

$$b = \frac{a}{\text{Jam Kerja Perhari}} \quad (7)$$
- Produktivitas harian setelah percepatan

$$c = a + (b \times n \times y) \quad (8)$$
- Crash Duration*

$$d = \frac{\text{volume}}{c} \quad (9)$$

Dimana,

- a = produktivitas harian normal
- b = produktivitas tiap jam normal
- c = produktivitas harian setelah percepatan
- d = *crash duration*
- n = lama penambahan jam kerja (lembur)
- y = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur) Nilai koefisien

penurunan produktivitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya normal untuk tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Crash cost untuk penambahan jam kerja (jam lembur) dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Upah normal/hari

$$= \text{produktivitas harian normal} \times \text{biaya satuan upah} \quad (10)$$
- Upah normal/jam

$$= \text{produktivitas tiap jam normal} \times \text{biaya satuan upah} \quad (11)$$
- Upah lembur/hari

$$= 1,5 \times \text{upah sejam normal untuk jam pertama} \text{ dan } 2 \times \text{upah sejam normal untuk jam kerja berikutnya} \quad (12)$$
- Cost upah/hari*

$$= \text{upah normal (hari)} + \text{upah lembur (hari)} \quad (13)$$
- Cost upah total*

$$= \text{cost upah (hari)} \times \text{durasi percepatan} \quad (14)$$
- Cost bahan*

$$= \text{volume} \times \text{biaya satuan bahan} \quad (15)$$
- Crash Cost*

$$= \text{cost upah total} + \text{cost bahan} \quad (16)$$

2.5.2 Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Dalam penambahan jumlah tenaga kerja, hal yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia. Penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu tenaga kerja untuk aktivitas lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Selain itu, perlu dilakukan juga pengawasan yang baik. Hal ini dikarenakan ruang kerja yang sesak dengan pengawasan yang rendah akan menurunkan produktivitas pekerja [3]. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah pekerja tambahan} = 30\% \text{ pekerja biasa} + 20\% \text{ pekerja terampil} \quad (17)$$

Analisis *crash duration* dan produktivitas tiap jam serta harian normal maupun setelah percepatan dirumuskan dengan persamaan berikut:

- Produktivitas harian normal

$$= \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}} \quad (18)$$
- Produktivitas harian setelah percepatan

$$= \text{Prod. harian normal} +$$

$$\left(\frac{\text{Prod.harian normal} \times \text{tambahan pekerja}}{\text{jumlah pekerja normal}} \right) \quad (19)$$

c. *Crash Duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.harian setelah percepatan}} \quad (20)$$

d. Jumlah tenaga kerja dipercepat

$$= \frac{\text{Volume} \times \text{koef.pekerja}}{\text{crash duration}} \quad (21)$$

e. Upah tiap-tiap pekerja dipercepat

$$= \text{jumlah tiap pekerja} \times \text{upah pekerja (hari)} \quad (22)$$

f. Jumlah upah perhari setelah percepatan

$$= \text{jumlah upah seluruh pekerja} \quad (23)$$

g. Harga upah total setelah percepatan

$$= \text{jumlah upah perhari setelah percepatan} \times \text{durasi percepatan} \quad (24)$$

Untuk menggambarkan jaringan kerja dengan menggunakan metode PDM, maka terlebih dahulu perlu dibuat penjadwalan *normal duration*. Penjadwalan ini dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Ms Project. Perangkat lunak ini dapat membantu memudahkan penyusunan jaringan kerja walaupun jumlah item pekerjaannya banyak. Langkah penjadwalan pada Ms Project adalah dengan menginput durasi hasil perhitungan pada Tabel 2 dan menentukan jaringan kerja antar kegiatan yang diisi pada kolom *predecessor*.

Pada penelitian ini terdapat dua pekerjaan yang memiliki *lag* postif, yaitu pekerjaan pemasangan bata dan pekerjaan acian. Pekerjaan pemasangan bata dapat dilaksanakan 5 hari setelah pekerjaan beton K-250 selesai, sedangkan pekerjaan acian dapat dilaksanakan 3 hari setelah pekerjaan plesteran selesai. Penjadwalan *normal duration* pada proyek pembangunan saluran tepi jalan dapat dilihat pada Tabel 3.

Jika hubungan antar aktivitas telah diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menentukan aktivitas mana saja yang masuk ke dalam lintasan kritis. Hasil penentuan lintasan kritis pada Ms Project dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3. Dari Tabel 4 dan Gambar 3, diperoleh lintasan kritis berupa pekerjaan pemasangan bata untuk saluran drainase, plesteran serta acian saluran. Kegiatan-kegiatan tersebut akan dipercepat karena memungkinkan untuk bisa dipercepat tanpa mengganggu atau merubah alur dari jaringan kerja.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Durasi Pekerjaan dan Kebutuhan Pekerja

Pada proyek pembangunan saluran tepi jalan akses *docking* terdapat 8 buah pekerjaan. Durasi dan rincian kebutuhan pekerja untuk masing-masing pekerjaan diperoleh dari hasil analisis menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2). Rekapitulasi durasi dan kebutuhan pekerja ditampilkan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa durasi terlama dan jumlah kebutuhan tenaga kerja terbanyak ada pada pekerjaan pemasangan bata untuk saluran drainase 2 sisi. Pada pekerjaan tersebut dibutuhkan durasi pekerjaan selama 20 hari dan jumlah tenaga kerja sebanyak 10 orang.

3.2 Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Tabel 2. Rekapitulasi durasi dan kebutuhan pekerja

No	Nama Pekerjaan	Durasi (Hari)	Kebutuhan Pekerja (Orang)				Jumlah Pekerja (orang)
			Pekerja	Mandor	Kep. Tukang	Tukang	
1	Pekerjaan galian tanah	8	6	1	-	-	7
2	Urugan pasir 2 sisi	1	1	1	-	-	2
3	Lantai kerja 2 sisi	3	2	1	1	1	5
4	Pasangan bata untuk saluran drainase 2 sisi	20	6	1	1	2	10
5	Plesteran saluran untuk 2 sisi	15	4	1	1	2	8
6	Acian saluran untuk 2 sisi	14	3	1	1	2	7
7	Beton K-250 termasuk tulangan dan pekerjaan lain yang diperlukan untuk pengaku	6	3	1	1	1	6
8	Pembuatan <i>grill</i> untuk penutup saluran	1	2	1	1	1	5

Tabel 3. Rekapitulasi durasi dan kebutuhan pekerja

Nama Pekerjaan	Durasi	Mulai	Selesai	Predecessors
PEKERJAAN SALURAN TEPI JALAN 2 SISI	68 hari	Kamis 27/04/17	Senin 31/07/17	
1. Galian tanah saluran dan membuang endapan lumpur untuk 2 sisi	8 hari	Kamis 27/04/17	Senin 08/05/17	
2. Urugan pasir untuk 2 sisi	1 hari	Selasa 09/05/17	Selasa 09/05/17	1
3. Lantai kerja untuk 2 sisi	3 hari	Rabu 10/05/17	Jum'at 12/05/17	2
4. Pasangan bata untuk saluran drainase untuk 2 sisi	20 hari	Kamis 01/06/17	Rabu 28/06/17	7FS+5 hari
5. Plesteran saluran untuk 2 sisi	15 hari	Kamis 29/06/17	Rabu 19/07/17	4
6. Acian saluran untuk 2 sisi	14 hari	Selasa 25/07/17	Jum'at 11/08/17	5FS+3 hari
7. Beton K-250 termasuk tulangan dan pekerjaan lain yang diperlukan untuk pengaku	6 hari	Senin 15/05/17	Senin 22/05/17	3
8. Pembuatan Grill I untuk penutup saluran	1 hari	Selasa 23/05/17	Selasa 23/05/17	7

Tabel 4. Penentuan lintasan kritis pada perangkat lunak Ms Project



Gambar 3. Lintasan kritis dengan metode PDM pada Ms Project

Tabel 5. Rincian Rencana Anggaran Biaya untuk pembangunan saluran tepi jalan akses *docking*

No.	Jenis Pekerjaan	Volume	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1.	Galian tanah saluran dan membuang endapan lumpur untuk 2 sisi	61,83	m ³	Rp. 62.700,00	Rp. 3.876.741,00
2.	Urugan pasir untuk 2 sisi	2,11	m ³	Rp. 176.800,00	Rp. 373.048,00
3.	Lantai kerja untuk 2 sisi	3,52	m ³	Rp. 746.500,00	Rp. 2.627.680,00
4.	Pasangan bata untuk saluran drainase untuk 2 sisi	199,72	m ²	Rp. 318.900,00	Rp. 63.690.708,00
5.	Plesteran saluran untuk 2 sisi	199,72	m ²	Rp. 55.600,00	Rp. 11.104.432,00
6.	Acian saluran untuk 2 sisi	199,72	m ²	Rp. 32.400,00	Rp. 6.470.928,00
7.	Beton K-250 termasuk tulangan dan pekerjaan lain yang diperlukan untuk pengaku	9,59	m ³	Rp. 3.794.000,00	Rp. 36.384.460,00
8.	Pembuatan <i>grill</i> untuk penutup saluran	74,12	m	Rp. 392.500,00	Rp. 29.092.100,00
Jumlah Total					Rp.153.620.097,00

3.3 Biaya Normal (*Normal Cost*)

Biaya normal (*normal cost*) pada penelitian ini diperoleh berdasarkan data RAB yang terdapat pada *Contract Change Order (CCO)* yang bersumber dari Kontraktor. Tertulis biaya untuk proyek pembangunan saluran tepi pada jalan akses *docking* sebesar Rp.153.620.097,00. Adapun rincian *normal cost* dapat dilihat pada Tabel 5.

Perhitungan biaya langsung mengacu pada nilai Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP). Besarnya nilai RAP diperoleh dari selisih nilai total proyek (RAB) dikurangi dengan biaya tidak langsung. Pada kontraktor menengah dan kecil, besarnya proporsi biaya tak langsung terhadap nilai total proyek relatif tetap pada kisaran 10%-12%. Pada penelitian ini untuk perhitungan biaya tak langsung digunakan proporsi 10% dari nilai kontrak. Perhitungan rincian biaya langsung dan biaya tak langsung adalah sebagai berikut:

- a. Nilai kontrak RAB (*real cost*)
= Rp. 153.620.097,00
- b. Biaya tak langsung (10% *real cost*)
= 10% x Rp. 153.620.097,00
= Rp. 15.362.009,70
- c. Biaya langsung (RAP)
= Rp. 153.620.097,00 – Rp. 15.362.009,70
= Rp. 138.258.087,30

3.4 Analisis Metode *Time Cost Trade Off*

Sebelum melakukan analisis metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja, maka terlebih dahulu perlu dihitung produktivitas harian normal. Perhitungan produktivitas

harian normal dilakukan untuk setiap kegiatan yang berada di lintasan kritis dan memiliki resiko keterlambatan tinggi. Produktivitas harian normal ini nantinya juga akan digunakan dalam perhitungan produktivitas setelah dilakukan *crashing* dan sebelum menentukan durasi *crashing* yang terjadi. Hasil perhitungan produktivitas normal pekerjaan yang berada di lintasan kritis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Produktivitas normal pekerjaan yang berada di lintasan kritis

Jenis Pekerjaan	Produktivitas		Satuan
	Harian	Perjam	
Pasangan bata untuk saluran drainase	9,986	1,248	m ²
Plesteran saluran 2 sisi	13,314	1,664	m ²
Acian saluran 2 sisi	14,266	1,783	m ²

Setelah menghitung produktivitas normal, maka selanjutnya adalah menghitung produktivitas harian setelah percepatan. Produktivitas harian setelah percepatan dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk dapat menyelesaikan suatu aktivitas dengan volume tertentu tiap harinya setelah adanya alternatif percepatan. Perhitungan produktivitas setelah *crashing* dibedakan sesuai dengan alternatif percepatan yang digunakan.

3.3.1 Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Hasil perhitungan produktivitas setelah percepatan untuk alternatif penambahan jam kerja disajikan pada Tabel 7. Jumlah penambahan durasi jam kerja (lembur) untuk masing-masing pekerjaan adalah 3 jam dengan koefisien penurunan produktivitas sebesar 70%.

Tabel 7. Produktivitas percepatan pekerjaan yang berada di lintasan kritis pada alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Jenis Pekerjaan	Produktivitas Harian setelah Percepatan	Satuan
Pasangan bata untuk saluran drainase	12,6073	m ²
Plesteran saluran 2 sisi	16,8089	m ²
Acian saluran 2 sisi	18,0108	m ²

Tabel 8. Crash duration dan cost upah total setelah penambahan jam kerja (lembur) pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis

Jenis Pekerjaan	Durasi		Upah per Hari			Cost Upah Total
	Normal	Crash	Normal	Lembur	Cost	
Pasangan bata untuk saluran drainase	20	16	Rp 708.864,00	Rp 487.344,00	Rp 1.196.208,00	Rp 19.139.328,00
Plesteran saluran 2 sisi	15	12	Rp 539.217,00	Rp. 370.712,00	Rp 909.929,00	Rp 14.558.859,00
Acian saluran 2 sisi	14	11	Rp 385.182,00	Rp 264.813,00	Rp 649.995,00	Rp 7.149.941,00

Tabel 9. Crash cost pekerjaan yang berada di lintasan kritis pada alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Jenis Pekerjaan	Normal Cost	Cost Upah Total	Cost Bahan	Crash Cost
Pasangan bata untuk saluran drainase	Rp. 63.690.708,00	Rp 19.139.328,00	Rp 49.510.588,00	Rp 68.649.916,00
Plesteran saluran 2 sisi	Rp 11.104.432,00	Rp 14.558.859,00	Rp 3.015.772,00	Rp 13.934.916,00
Acian saluran 2 sisi	Rp 6.470.928,00	Rp 7.149.941,00	Rp 1.098.460,00	Rp 8.248.401,00

Tabel 10. Cost slope setiap pekerjaan yang berada di lintasan kritis pada alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Jenis Pekerjaan	Cost Slope	
	Harian	Total
Pasangan bata untuk saluran drainase	Rp. 1.239.802,00	Rp 4.959.208,00
Plesteran saluran 2 sisi	Rp 943.495,00	Rp 2.830.485,00
Acian saluran 2 sisi	Rp 592.491,00	Rp 1.777.473,00

Setelah produktivitas meningkat, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan akan lebih cepat dibandingkan sebelumnya. Rekapitulasi hasil perhitungan *crash duration* dan *crash cost* untuk pekerjaan di jalur kritis pada alternatif penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Dari nilai *normal cost* dan *crash cost* yang ada pada Tabel 9, selanjutnya dapat dihitung nilai *cost slope*. *Cost slope* diperoleh dari selisih antara *normal cost* dengan *crash cost*. Hasil perhitungan *cost slope* total dan harian ditampilkan pada Tabel 10.

Dari hasil analisis percepatan pekerjaan dengan metode *Time Cost Trade Off* untuk alternatif penambahan jam kerja (lembur) diperoleh *crash duration* selama 16 hari untuk pasangan bata saluran drainase, 12 hari untuk plesteran 2 sisi, dan 11 hari untuk acian saluran. Oleh karena itu, waktu pengerjaan proyek dapat dipercepat selama 10 hari. Durasi normal yang semula 68 hari menjadi 58 hari.

Selain dapat mempercepat umur pengerjaan, percepatan pekerjaan juga berdampak pada penambahan biaya proyek. Hal ini dikarenakan pihak kontraktor harus

mengeluarkan dana lebih untuk membayar upah lembur pekerja. Jika pekerjaan ingin dipercepat selama 10 hari dengan metode *Time Cost Trade Off* dan alternatif penambahan jam kerja maka diperlukan biaya sebesar Rp. 163.187.262,00 dari biaya normal Rp. 153.620.097,00.

Untuk mengukur persentase efisiensi waktu dan penambahan biaya proyek, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- a. Persentase efisiensi waktu
Durasi normal pekerjaan : 68 hari
Durasi percepatan pekerjaan : 58 hari
$$Efisiensi\ waktu = \frac{68-58}{68} \times 100\% = 14,71\%$$
- b. Persentase penambahan biaya
Biaya normal : Rp. 153.620.097,00
Biaya percepatan : Rp. 163.187.262,00
$$Penambahan = \frac{Rp.163.187.262,00 - Rp.153.620.097,00}{Rp.153.620.097,00} = 0,0623 \approx 6,23\%$$

3.3.2 Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Pada alternatif percepatan dengan penambahan tenaga kerja, digunakan tenaga kerja tambahan untuk pekerjaan pasangan bata saluran drainase; plesteran; dan acian saluran 2 sisi berturut-turut sebanyak 3 orang; 3 orang; dan 2 orang. Hasil perhitungan produktivitas setelah

percepatan disajikan pada Tabel 11. Rekapitulasi hasil perhitungan *crash duration* dan *crash cost* untuk pekerjaan di jalur kritis pada alternatif penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13. Hasil perhitungan *cost slope* total dan harian ditampilkan pada Tabel 14.

Tabel 11. Produktivitas percepatan pekerjaan yang berada di lintasan kritis pada alternatif penambahan tenaga kerja

Jenis Pekerjaan	Produktivitas Tenaga Kerja Tambahan	Produktivitas Harian setelah Percepatan
Pasangan bata untuk saluran drainase	2,966	12,6073
Plesteran saluran 2 sisi	4,993	16,8089
Acian saluran 2 sisi	4,076	18,0108

Tabel 12. *Crash duration* dan *cost* upah total setelah penambahan tenaga kerja pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis

Jenis Pekerjaan	Durasi		Harga Upah setelah Penambahan Tenaga Kerja	
	Normal	Crash	Harian	Total
Pasangan bata untuk saluran drainase	20	16	Rp 1.026.000,00	Rp. 16.416.000,00
Plesteran saluran 2 sisi	15	11	Rp 882.000,00	Rp 9.702.000,00
Acian saluran 2 sisi	14	11	Rp 658.000,00	Rp 7.238.000,00

Tabel 13. *Crash cost* pekerjaan yang berada di lintasan kritis pada alternatif penambahan tenaga kerja

Jenis Pekerjaan	Normal Cost	Cost Upah Total	Cost Bahan	Crash Cost
Pasangan bata untuk saluran drainase	Rp. 63.690.708,00	Rp. 16.416.000,00	Rp 49.510.588,00	Rp 65.926.588,00
Plesteran saluran 2 sisi	Rp 11.104.432,00	Rp 9.702.000,00	Rp 3.015.772,00	Rp Rp 12.717.772,00
Acian saluran 2 sisi	Rp 6.470.928,00	Rp 7.238.000,00	Rp 1.098.460,00	Rp 8.256.572,00

Tabel 14. *Cost slope* setiap pekerjaan yang berada di lintasan kritis pada alternatif penambahan tenaga kerja

Jenis Pekerjaan	Cost Slope	
	Harian	Total
Pasangan bata untuk saluran drainase	Rp 558.970,00	Rp 2.235.880,00
Plesteran saluran 2 sisi	Rp 403.335,00	Rp 1.613.340,00
Acian saluran 2 sisi	Rp 595.215,00	Rp 1.785.645,00

Dari hasil analisis percepatan pekerjaan dengan metode *Time Cost Trade Off* untuk alternatif penambahan tenaga kerja diperoleh *crash duration* selama 16 hari untuk pemasangan bata saluran drainase, 11 hari untuk plesteran 2 sisi, dan 11 hari untuk acian saluran. Oleh karena itu, waktu pengerjaan proyek dapat dipercepat selama 11 hari. Durasi normal yang semula 68 hari menjadi 57 hari.

Dengan penambahan jumlah tenaga kerja maka dapat mempercepat umur pengerjaan suatu pekerjaan. Sama halnya dengan percepatan dengan penambahan jam kerja, pada alternatif penambahan tenaga kerjapun biaya yang harus dikeluarkan lebih besar dibandingkan dengan biaya normal. Hal ini dikarenakan jumlah tenaga kerja yang harus diberi upah lebih banyak. Pada alternatif ini diperlukan biaya sebesar Rp. 159.254.961,00 dari biaya normal Rp. 153.620.097,00 dengan durasi percepatan selama 11 hari.

Efisiensi waktu dan penambahan biaya proyek karena penambahan tenaga kerja, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- a. Persentase efisiensi waktu
Durasi normal pekerjaan : 68 hari
Durasi percepatan pekerjaan : 57 hari
$$Efisiensi\ waktu = \frac{68-57}{68} \times 100\% = 16,18\%$$
- b. Persentase penambahan biaya
Biaya normal : Rp. 153.620.097,00
Biaya percepatan : Rp. 159.254.961,00
$$Penambahan = \frac{Rp.159.254.961,00 - Rp.153.620.097,00}{Rp.153.620.097,00} = 0,0367 \approx 3,67\%$$

4. KESIMPULAN

Analisis perbandingan waktu serta biaya antara alternatif percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* telah dilakukan pada penelitian ini. Pada alternatif percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) diperoleh efisiensi waktu sebesar 14,71%, namun terdapat penambahan biaya sebesar 6,23%. Untuk alternatif percepatan dengan menambahkan jumlah tenaga kerja diperoleh efisiensi waktu sebesar 16,18% dan penambahan biaya sebesar 3,67%. Berdasarkan kedua alternatif tersebut, maka alternatif yang paling efisien untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan adalah dengan menambah tenaga kerja. Pada alternatif ini persentase efisiensi waktunya lebih besar, namun persentase penambahan biayanya kecil. Hal ini dapat dikarenakan pada alternatif penambahan jam kerja terdapat factor penurunan produktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Frederika, A. (2010). Analisis percepatan pelaksanaan dengan menambah jam kerja optimum pada proyek konstruksi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2).

- [2] Priyo, M., & Sumanto, A. (2016). Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir. *Semesta Teknika*, 19(1), 1-15.
- [3] Septian, P., Muhammad, F., & Samsul, B. (2017). Optimasi Biaya Dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahantenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off.
- [4] Kisworo, R. W., Handayani, F. S., & Sunarmasto, S. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat. *Matriks Teknik Sipil*, 5(3).
- [5] Pulungan, M. F. S. (2019). Evaluasi Percepatan Durasi Proyek Dengan Penambahanjam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat Proyek Pembangunan Jalan Lintas Takengon–Uwaq (Kab Aceh Tengah) (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara).
- [6] Sofwan, B. (1991). *Dasar-dasar Network Planning*, Jakarta. *Rineka Cipta*.
- [7] Widiasanti, I. (2013). *MT dan Lenggogeni MT, Manajemen Konstruksi*, Bandung: PT. *Remaja Rosdakarya*.
- [8] Soeharto, I. (1997). *Manajemen proyek*. Jakarta: *Erlangga*.