

OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK BENDUNGAN (STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN BENDO TAHAP 2)

*Andiko Irhash Putra¹, Kartono Wibowo², M. Faiqun Ni'am³
^{1,2,3}Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang
) Email: andiko.hashtra2@gmail.com

ABSTRACT

The implementation of a project cannot be separated from three factors: quality, time, and cost. The factors of time and cost can be carefully calculated and optimized. This is necessary to evaluate the performance of a project, making it a learning experience for future projects. This research aims to create an optimal reschedule and calculate the time effectiveness and cost efficiency of the reschedule made for the Bendo Dam Phase 2 project. The method used in this research is the crash program. The required data for this research includes the Cost Budget Plan (RAB), Time Schedule, and Monthly Project Reports. An analysis and optimization calculation are then conducted on alternative options for increasing overtime hours and adding labor, resulting in an optimal comparison of time and cost from several alternatives. The optimal reschedule using the crash program method involves adding labor with a cost efficiency of 99.34%, making it 0.66% more cost-efficient against the total cost, maintaining the normal duration, and completing the project in 662 days, which is 88 days faster than the normal duration.

Keyword: Optimization, Crash Program, Effectiveness, Efficiency

ABSTRAK

Pelaksanaan suatu proyek tidak akan terlepas dari tiga faktor yaitu mutu, waktu dan biaya. Faktor waktu dan biaya dapat dilakukan perhitungan yang cermat serta dapat dilakukan optimasi. Hal ini perlu dilakukan untuk melakukan evaluasi kinerja suatu proyek, sehingga menjadi pembelajaran pada proyek selanjutnya. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *reschedule* yang optimal serta menghitung efektifitas waktu dan efisiensi biaya terhadap *reschedule* yang dibuat pada proyek Bendungan Bendo Tahap 2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan *crash program* dengan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data Rencana Anggaran Biaya (RAB), *Time Schedule*, Laporan Bulanan Proyek. Kemudian dilakukan analisis dan perhitungan optimasi terhadap alternatif penambahan jam kerja lembur dan penambahan tenaga kerja sehingga didapatkan perbandingan waktu dan biaya yang optimal dari beberapa alternatif tersebut. *Reschedule* dengan metode *crash program* yang optimal adalah dengan melakukan penambahan tenaga kerja dengan biaya menjadi 99,34% atau lebih efisien sebesar 0,66 % terhadap total cost dengan durasi normal dan waktu pelaksanaan menjadi 662 hari atau lebih cepat selama 88 hari terhadap durasi normal.

Kata kunci: Optimasi, *Crash Program*, Efektifitas, Efisiensi

1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan Pekerjaan Proyek Bendungan beberapa tahun belakangan sedang gencar-gencarnya dilakukan oleh pemerintah. Proyek bendungan merupakan salah satu pelaksanaan proyek yang bersifat unik, dimana tidak akan pernah persis sama dengan pekerjaan bendungan lainnya. Karena bersifat unik, maka untuk pengendalian proyek dibutuhkan suatu manajemen proyek. Didalam suatu lingkup manajemen proyek terdapat tiga faktor pembatas atau triple constraint yang dapat mempengaruhi manajemen proyek yaitu cost, scope dan time [1].

Pengendalian biaya dan waktu merupakan lingkup manajemen proyek yang utama oleh setiap kontraktor pelaksana, karena setiap proses bisnis adalah berorientasi kepada laba. Pengendalian biaya dilaksanakan sejak proyek dimulai agar pelaksanaan proyek lebih terukur dan terarah sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Pada pelaksanaan proyek, juga dibutuhkan pengendalian waktu agar pelaksanaan pekerjaan bisa diselesaikan sesuai jadwal, sehingga dibutuhkan langkah-langkah untuk melakukan percepatan proyek jika terjadi kendala atau hambatan di lapangan. Salah satunya dengan metode *Crashing* yang mereduksi waktu pelaksanaan pada pekerjaan yang termasuk lintasan kritis [2], sehingga waktu pelaksanaan bisa sesuai dengan jadwal waktu yang direncanakan atau lebih cepat dari rencana serta dengan biaya yang lebih optimal.

Penelitian ini melakukan perhitungan percepatan pelaksanaan proyek dengan metode *crashing* yang dibandingkan dengan realisasi biaya dan waktu penyelesaian proyek. Percepatan pelaksanaan proyek dengan metode *crashing* akan didapatkan pemahaman sejauh mana pengaruh biaya percepatan terhadap faktor upah pada sebuah pekerjaan bendungan dengan pekerjaan timbunan *maindam* sebagai pekerjaan utama.

Tinjauan pustaka

Penelitian-penelitian terdahulu telah banyak menggunakan metode *crashing* seperti penelitian oleh [3] dengan menghasilkan durasi percepatan dan biaya percepatan secara optimal, serta penelitian oleh [4] dengan menghasilkan durasi percepatan apabila dilakukan penambahan jam kerja sebanyak satu jam. Beberapa penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1. berikut :

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul	Tujuan	Metode Riset	Hasil Riset
1	Analisis Waktu dan Biaya dengan Metode <i>Crashing</i> , <i>Overlapping</i> dan Gabungan <i>Crashing Overlapping</i> (Studi Kasus Proyek Pembangunan Bendungan Bendo Lanjutan di Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur). [2]	Menganalisis waktu dan biaya proyek	Metode <i>Crashing</i> dan metode <i>overlapping</i>	Waktu dan biaya akibat percepatan yang optimum adalah dengan menggunakan metode gabungan <i>crashing</i> dan metode <i>overlapping</i>
2	Analisa Percepatan Proyek Metode <i>Crash Program</i> Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung <i>Mixed Use Sentraland</i> . [3]	Mencari Lintasan Kritis, Menganalisa Biaya dan Waktu, Menentukan pekerjaan yang dilakukan percepatan, Mengevaluasi dampak percepatan	Metode <i>Crashing</i>	Lintasan kritis pada pekerjaan struktur atas, Terjadi kenaikan biaya setiap penambahan waktu percepatan, durasi optimal adalah dengan percepatan 12 hari, dampak yang terjadi adalah kenaikan biaya 0,51% dan mempengaruhi mutu, lingkungan dan K3
3	Analisa Optimalisasi Waktu Proyek Dengan Metode <i>Crash Program</i> Pada Proyek Rumah Sakit Di Kota Tangerang. [4]	Mengetahui Jumlah Waktu yang dipercepat	Metode kuantitatif deskriptif menggunakan CPM	Penambahan waktu 1 jam membuat penyelesaian proyek 16 hari lebih cepat
4	Optimasi Waktu dan Biaya Percepatan Proyek Menggunakan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja dan Jam Kerja (Lembur). [5]	Mengetahui biaya proyek yang lebih ekonomis untuk mempercepat durasi proyek	Metode <i>Time Cost Trade Off</i> dan Metode <i>Crashing</i>	Alternatif yang lebih ekonomis adalah penambahan tenaga kerja
5	Percepatan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi dengan Metode CPM dan TCTO. [6]	Mengetahui percepatan waktu setelah <i>crashing</i> dan penambahan biaya	Metode <i>Time Cost Trade Off</i> dan Metode <i>Crashing</i>	Percepatan waktu selama 26 hari dengan kenaikan biaya Rp. 19.923.466

Landasan teori

Manajemen adalah salah satu ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang seni memimpin organisasi mulai dari kegiatan perencanaan, pelaksanaan serta pengendalian terhadap sumber daya yang terbatas dalam mencapai tujuan dan sasaran dengan efektif dan efisien [7]. Sedangkan pengertian proyek adalah suatu rangkaian kegiatan yang bersifat unik yang hanya dilaksanakan sekali dengan pelaksanaan yang umumnya mempunyai waktu pendek dan terbatas [8]. Menurut [9] proyek merupakan rangkaian kegiatan yang terorganisir dari gabungan berbagai sumber daya untuk mencapai sasaran dalam jangka waktu tertentu/terbatas.

Optimasi adalah proses pencarian satu atau lebih solusi dan menerapkan solusi terbaik sehingga diperoleh suatu kegiatan yang lebih optimal [10]. Efektifitas waktu adalah kemampuan mengatur suatu kegiatan sehingga dapat mengalokasikan waktu yang tepat dengan memanfaatkan sumber daya yang ada. Efisiensi biaya merupakan suatu usaha dengan memaksimalkan sumber daya yang ada untuk mengurangi pemborosan biaya. *Crash program* atau percepatan pelaksanaan pekerjaan dapat diartikan dengan mempersingkat waktu pelaksanaan proyek [11].

Percepatan proyek

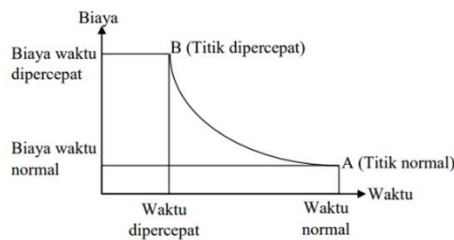
Proses *crashing* atau percepatan proyek merupakan proses mereduksi atau mengurangi durasi suatu pekerjaan secara maksimal yang dapat mempengaruhi waktu penyelesaian proyek dengan biaya yang paling ekonomis [12]. Percepatan proyek dilakukan karena dua hal yaitu karena permintaan owner/pemilik proyek supaya pekerjaan dilakukan lebih cepat

dari jadwal yang ditentukan, dan yang kedua dikarenakan terjadi keterlambatan proyek sehingga diperlukan percepatan pekerjaan agar waktu penyelesaian tetap sama dengan jadwal yang sudah ditetapkan.

Untuk melakukan percepatan pekerjaan proyek dapat dilakukan dengan beberapa alternatif yaitu [13] :

- a. Penambahan jam kerja (Lembur)
- b. Pembagian giliran kerja
- c. Penambahan tenaga kerja
- d. Penambahan/pergantian peralatan
- e. Pergantian atau perbaikan metode kerja
- f. Konsentrasi pada kegiatan tertentu
- g. Kombinasi dari alternatif yang ada

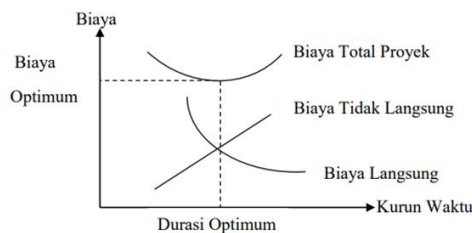
Pada percepatan proyek, akan mempengaruhi biaya total penyelesaian proyek yang terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Hubungan antara biaya terhadap waktu normal dan terhadap waktu dipercepat dapat dilihat pada Gambar 1 :



Gambar 1. Grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan [14]

Pada Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan jam kerja (lembur), maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, serta tambahan biaya yang dikeluarkan juga semakin besar.

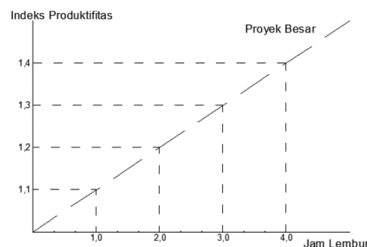
Sedangkan hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung dan biaya tidak langsung dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tidak langsung [14]

Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Sesuai dengan grafik indeks penurunan produktivitas jam lembur oleh [14], semakin besar penambahan jam lembur semakin turun produktivitasnya seperti pada **Gambar 3** :



Gambar 3. Grafik Indeks Penurunan Produktivitas Jam Lembur [14]

Dari Gambar 3 dapat diuraikan sebagai berikut [15] :

1. Produktivitas Harian = volume/(durasi normal)
2. Produktivitas Tiap Jam = (Produktivitas)/(Jam kerja per hari)
3. Produktivitas harian akibat kerja lembur
= (jam kerja per hari x Produktivitas tiap jam) + (a x b x produktivitas tiap jam)

- a = jumlah penambahan jam kerja (lembur)
 b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur)

Tabel 2. Koefisien Penurunan Produktifitas [14]

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

4. *Crash Duration* = volume/(produktivitas harian sesudah *crashing*)

Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Perhitungan kebutuhan penambahan tenaga kerja dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

1. Jumlah tenaga kerja normal = (Koefisien tenaga kerja x volume)/(durasi normal)
2. Jumlah Tenaga kerja dipercepat = (Koefisien tenaga kerja x volume)/(durasi dipercepat)

Biaya Tambahan Pekerja (Crash Cost)

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 menyatakan untuk upah penambahan waktu kerja mempunyai nilai yang bervariasi yaitu : untuk satu jam pertama, upah pekerja mempunyai nilai 1,5 kali upah perjam pada waktu normal serta untuk penambahan waktu kerja berikutnya dengan nilai upah 2 kali upah perjam waktu normal [15].

Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut [15] :

1. Normal Upah Per hari = Produktifitas harian x harga satuan upah pekerja
2. Normal upah pekerja per jam = Produktifitas perjam x harga satuan upah pekerja
3. Biaya Lembur Pekerja = (1,5 x upah perjam normal untuk 1 jam pertama lembur) + (2 x n x upah perjam normal untuk penambahan jam kerja lembur berikut nya)
 n = jumlah penambahan jam kerja
4. *Crash Cost* pekerja per hari = (jam kerja per hari x normal *cost* pekerja) + (n x biaya lembur per jam)
5. *Cost Slope* = (*Crash cost*-*Normal Cost*)/(Durasi Normal-Durasi *Crash*)

2. METODE

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode *crashing* dengan mereduksi waktu pelaksanaan pekerjaan yang termasuk ke dalam lintasan kritis sehingga didapat durasi percepatan dengan biaya yang optimal. Analisis data yang dilakukan adalah dengan membandingkan empat alternatif, yaitu penambahan 3 jam kerja lembur, penambahan 2 jam kerja lembur, penambahan 1 jam kerja lembur serta penambahan tenaga kerja. Keempat alternatif tersebut akan dihitung percepatan waktu yang terjadi serta menghitung perubahan biaya akibat percepatan tersebut. Alternatif yang akan dipilih adalah dengan biaya yang paling efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lingkup Pekerjaan Proyek Bendungan Bendo Lanjutan

Untuk lingkup pekerjaan utama pada pekerjaan Pembangunan Bendungan Bendo Lanjutan dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 3. Lingkup Pekerjaan Proyek Pembangunan Bendungan Bendo Lanjutan

No.	Uraian Pekerjaan	Bobot
1	Pekerjaan Persiapan	0.36
2	Jalan Masuk	1.72
3	Terowong Pengelak	0.58
4	Bendungan Utama	89.54
5	Bangunan Pelimpah	3.83
6	Bangunan Pengambilan	0.36
7	Pemasangan Hidromekanikal	1.90
8	Clearing Area Genangan	1.70
TOTAL		100.00

Analisis Crashing Terhadap Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

Analisis terhadap biaya langsung dan biaya tidak langsung dihitung pada kondisi pekerjaan dan biaya normal serta kondisi setelah *crashing*. Perhitungan biaya pada kondisi normal didapatkan dari koefisien bahan, upah dan alat pada analisa harga satuan pekerjaan.

Berdasarkan analisa harga satuan pekerjaan timbunan inti (Zona 1) dapat dihitung koefisien untuk Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung pada pekerjaan Timbunan Inti (Zona 1) sebagai berikut :

$$\text{Koefisien Direct Cost} = (\text{Rp. } 78.734,54)/(\text{Rp. } 86.607,99) = 0,9091$$

$$\text{Koefisien Indirect Cost} = (\text{Rp. } 4.724,07)/(\text{Rp. } 86.607,99) = 0,0545$$

Dari koefisien tersebut dapat dihitung Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung pada seluruh nilai kontrak dengan durasi normal seperti perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total Direct Cost} &= 0,9091 \times \text{Nilai Adendum 2} \\ &= 0,9091 \times \text{Rp. } 287.227.881.576,87 \\ &= \text{Rp. } 261.118.867.141,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Indirect Cost} &= 0,0545 \times \text{Nilai Adendum 2} \\ &= 0,0545 \times \text{Rp. } 287.227.881.576,87 \\ &= \text{Rp. } 15.653.919.545,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Cost} &= \text{Total Direct Cost} + \text{Total Indirect Cost} \\ &= \text{Rp. } 261.118.867.141,53 + \text{Rp. } 15.653.919.545,94 \\ &= \text{Rp. } 276.772.786.687,47 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka bisa dihitung biaya tidak langsung (*indirect cost*) per hari seperti berikut :

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung Per hari} &= (\text{Total Indirect Cost})/(\text{Durasi Normal}) \\ &= (\text{Rp. } 15.653.919.545,94)/(750 \text{ hari}) \\ &= \text{Rp. } 20.871.892,73 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini terdapat 4 (empat) alternatif *crashing* dengan posisi biaya yang berbeda setiap alternatifnya seperti pada perhitungan berikut :

1. Penambahan 3 jam kerja lembur berdasarkan Nilai *Total Cost Slope* dan Durasi *Crash*, dapat dihitung sebagai berikut :

- a. *Total Direct Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Normal Direct Cost} + \text{Total Cost Slope} \\ &= \text{Rp. } 261.118.867.141,53 + \text{Rp. } 9.712.106.087,80 \\ &= \text{Rp. } 270.830.973.229,33 \end{aligned}$$
- b. *Total Indirect Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 20.871.892,73 \times 618 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 12.898.829.705,85 \end{aligned}$$
- c. *Total Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Total Direct Cost} + \text{Total Indirect Cost} \\ &= \text{Rp. } 270.830.973.229,33 + \text{Rp. } 12.898.829.705,85 \\ &= \text{Rp. } 283.729.802.935,19 \end{aligned}$$

2. Penambahan 2 jam kerja lembur berdasarkan Nilai *Total Cost Slope* dan Durasi *Crash*, dapat dihitung sebagai berikut :

- a. *Total Direct Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Normal Direct Cost} + \text{Total Cost Slope} \\ &= \text{Rp. } 261.118.867.141,53 + \text{Rp. } 6.306.519.587,80 \\ &= \text{Rp. } 267.425.386.729,33 \end{aligned}$$
- b. *Total Indirect Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 20.871.892,73 \times 637 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 13.295.395.667,68 \end{aligned}$$
- c. *Total Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Total Direct Cost} + \text{Total Indirect Cost} \\ &= \text{Rp. } 267.425.386.729,33 + \text{Rp. } 13.295.395.667,68 \\ &= \text{Rp. } 280.720.782.397,02 \end{aligned}$$

2. Penambahan 1 jam kerja lembur berdasarkan Nilai *Total Cost Slope* dan Durasi *Crash*, dapat dihitung sebagai berikut :

- a. *Total Direct Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Normal Direct Cost} + \text{Total Cost Slope} \\ &= \text{Rp. } 261.118.867.141,53 + \text{Rp. } 2.474.207.587,80 \\ &= \text{Rp. } 263.593.074.729,33 \end{aligned}$$
- b. *Total Indirect Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 20.871.892,73 \times 673 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 14.046.783.805,89 \end{aligned}$$
- c. *Total Cost*

$$\begin{aligned} &= \text{Total Direct Cost} + \text{Total Indirect Cost} \\ &= \text{Rp. } 263.593.074.729,33 + \text{Rp. } 14.046.783.805,89 \\ &= \text{Rp. } 277.639.858.535,22 \end{aligned}$$

3. Penambahan tenaga kerja berdasarkan Nilai *Total Cost Slope* dan *Durasi Crash*, dapat dihitung sebagai berikut :
- Total Direct Cost* = *Normal Direct Cost* + *Total Cost Slope*
 = Rp. 261.118.867.141,53 + Rp. 0
 = Rp. 261.118.867.141,53
 - Total Indirect Cost* = Rp. 20.871.892,73 x 662 hari
 = Rp. 13.817.192.985,88
 - Total Cost* = *Total Direct Cost* + *Total Indirect Cost*
 = Rp. 261.118.867.141,53 + Rp. 13.817.192.985,88
 = Rp. 274.936.060.127,42

Tabel 4. Rekapitulasi Waktu dan Biaya

No	Alternatif	Durasi (Hari)	Direct Cost		Indirect Cost (Rp)	Total Cost (Rp)	% Thd Durasi Normal
			Normal Direct Cost (Rp)	Total Cost Slope (Rp)			
			a	b	c	d = a + b + c	en = dn/d1
1	Normal	750	261,118,867,141.53	-	15,653,919,545.94	276,772,786,687.47	100.00%
2	3 Jam Kerja Lembur	618	261,118,867,141.53	9,712,106,087.80	12,898,829,705.85	283,729,802,935.19	102.51%
3	2 Jam Kerja Lembur	637	261,118,867,141.53	6,306,519,587.80	13,295,395,667.68	280,720,782,397.02	101.43%
4	1 Jam Kerja Lembur	673	261,118,867,141.53	2,474,207,587.80	14,046,783,805.89	277,639,858,535.22	100.31%
5	Tambah Tenaga Kerja	662	261,118,867,141.53	-	13,817,192,985.88	274,936,060,127.42	99.34%

Dari Tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa total biaya yang paling efisien untuk keperluan percepatan pelaksanaan adalah dengan penambahan tenaga kerja dengan persentase terhadap nilai kontrak adalah sebesar 99,34 %.

Pembahasan Percepatan Proyek dengan Crash Program

Berdasarkan Tabel , didapatkan hasil pengolahan data sebagai berikut :

- Dari hasil perhitungan didapatkan *total cost* dengan durasi normal adalah Rp. 276.772.786.687,47 dengan durasi waktu pekerjaan 750 hari kalender.
- Total cost* dengan *crashing* penambahan 3 jam lembur adalah Rp. 283.729.802.935,19 dengan durasi waktu pekerjaan 618 hari kalender. *Total Cost* naik sebesar 2,51 % dengan waktu dipercepat selama 132 hari kalender.
- Total cost* dengan *crashing* penambahan 2 jam lembur adalah Rp. 280.720.782.397,02 dengan durasi waktu pekerjaan 637 hari kalender. *Total Cost* naik sebesar 1,43 % dengan waktu dipercepat selama 113 hari kalender.
- Total cost* dengan *crashing* penambahan 1 jam lembur adalah Rp. 277.639.858.535,22 dengan durasi waktu pekerjaan 673 hari kalender. *Total Cost* naik sebesar 0,31 % dengan waktu dipercepat selama 77 hari kalender.
- Total cost* dengan *crashing* penambahan tenaga kerja sebanyak 1,15 kali adalah Rp. 274.936.060.127,42 dengan durasi waktu pekerjaan 662 hari kalender. *Total Cost* turun sebesar 0,66 % dengan waktu dipercepat selama 88 hari kalender

4. KESIMPULAN

- Berdasarkan Tabel *reschedule* dan *Crash program* pekerjaan dengan biaya yang optimal adalah melakukan penambahan tenaga kerja karena terjadi efisiensi biaya (biaya 99,34% dari waktu normal), sedangkan alternatif lain terjadi kenaikan biaya menjadi lebih dari 100%.
- Berdasarkan Tabel , waktu pelaksanaan yang terjadi dengan *reschedule* penambahan tenaga kerja adalah 662 hari, lebih cepat 88 hari dari waktu normal (750 hari) serta efisiensi biaya menjadi 99,34% atau turun sebesar 0,66% terhadap biaya dengan durasi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Auzan, D. Rizky, S. and F. Kistiani, "Pengendalian Biaya dan Waktu Proyek dengan Metode Konsep Nilai Hasil (Earned Value)," *Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 4*, pp. 460-470, 2017.
- [2] M. A. Umar, K. Wibowo and R. Mudiyo, "Analisis Waktu dan Biaya dengan Metode Crashing, Overlapping dan Gabungan Crashing Overlapping (Studi Kasus Proyek Pembangunan Bendungan Bendo Lanjutan di Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur)," *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, vol. Vol. 2 No. 5, pp. 24-43, 2021.

- [3] R. R. B. Adi, D. E. Traulia,, M. A. Wibowo and F. Kistiani, "Analisa Percepatan Proyek Metode Crash Program Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 5, p. 148 – 158, 2016.
- [4] S. Haq, S. Abadiyah and P. Dimastoro, "Analisa Optimalisasi Waktu Proyek Dengan Metode Crash Program Pada Proyek Rumah Sakit Di Kota Tangerang," *Structure Teknik Sipil*, vol. Volume 1, pp. 1-6, 2019.
- [5] T. E. Saragi and R. U. A. Situmorang, "Optimasi Waktu dan Biaya Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja dan Jam Kerja (Lembur)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. Vol. 1 No. 2, 2022.
- [6] C. Z. Oktaviani,, I. A. Majid and R. , "Percepatan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi dengan Metode CPM dan TCTO," *Inersia*, vol. Vol. 11 No. 1, pp. 33-40, 2019.
- [7] A. B. Siswanto and M. A. Salim, *Manajemen Proyek*, Semarang: CV. Pilar Nusantara, 2019.
- [8] E. Wiratmani and G. Prawitasari, "Penerapan Metode Jalur Kritis Dalam Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek Pembangunan Fasilitas Rumah Karyawan," *Faktor Exacta* 6(3), pp. 210-217, 2013.
- [9] W. A. Nugroho, K. Yakin, M. O. B. and H. A. D. Weking, "Analisis Pengaruh Keterlambatan Waktu Terhadap Biaya Menggunakan Earned Value Concept (Pada Proyek Jetty di Pulau Waibalun, Flores Timur)," *Narotama Jurnal Teknik Sipil Volume 3*, 2019.
- [10] I. Berlianty and M. Arifin, *Teknik teknik optimasi Heuristic*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [11] H. Irwan, "Crash Program Jalur Kritis Dengan Cara Overlapping (Study Review)," *Sigma Teknika*, vol. 2, pp. 14-19, 2019.
- [12] W. I. Ervianto, *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Yogyakarta: Andi, 2004.
- [13] D. Kartikasari, "Pengendalian Biaya dan Waktu dengan Metode Earned Value (Studi Kasus : Proyek Struktur dan Arsitektur Production Hall-02 Pandaan)," *Extrapolasi Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya Vol. 7 No. 2*, pp. 107-114, 2014.
- [14] I. Soeharto, *Manajemen Proyek*, Jakarta: Erlangga, 1997.
- [15] N. A. Husein and A. Musyafa, "Analisis Percepatan Proyek Konstruksi Dengan Metode Penambahan Jam Kerja Pada Pembangunan Villa Graha Internal Malang," *Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil (KPSTS) FTSP UII*, 2018.