

OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA PADA PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT BRONDONG - LAMONGAN

*Muhammad Wahyu Suryadi¹, Antonius², Kartono Wibowo³

^{1,2,3}Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

*) Email: msuryadiwahyu@gmail.com

ABSTRACT

Delays in project work can be anticipated by accelerating its implementation, but must still pay attention to cost and quality factors. The delay will certainly have an impact on increasing costs, so that additional costs incurred must be optimized so that they can be minimized and still pay attention to quality standards. The implementation of the construction of the Brondong House - Lamongan includes the construction of a two-story building using the Lamongan Regency APBD. Completion of the construction is expected to be completed on time with an implementation time of 150 (one hundred and fifty) calendar days or 3 months. This study aims to analyze the time and cost of the project using the crashing method with the addition of labor, the overlapping method, and a combined method between crashing with the addition of labor and overlapping, with the aim of analyzing the most optimal time and cost using the crashing, overlapping, and overlapping, crashing alternatives. The data needed in this study are in the form of S-curve data and time schedules, weekly project reports, Budget Plans (RAB). Then a discussion is carried out to determine the time and cost due to acceleration with the addition of labor, overlapping, and a combination of overlapping crashing. The acceleration calculation of the three alternatives can be concluded that the optimal time and cost due to acceleration is by using the combined method of crashing, adding labor and overlapping, obtaining a cost reduction of Rp. 291,484,666.67 from the total normal work cost of Rp. 25,313,105,854.21 to Rp. 25,021,621,187.54 or down 1.152% from the total normal work cost with a reduction in work duration of 49 days from the normal duration of 150 days to 101 days.

Keyword: *Crashing Method, Overlapping Method, Combined Crashing Overlapping Method, Project Acceleration.*

ABSTRAK

Keterlambatan pengerjaan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan pelaksanaannya, namun tetap harus memperhatikan faktor biaya dan mutu. Keterlambatan tersebut tentunya akan berdampak pada peningkatan biaya, se hingga biaya tambahan yang dikeluarkan harus dioptimalkan agar dapat diminimalisir dan tetap memperhatikan standar mutu. Pelaksanaan pembangunan Rumah Brondong - Lamongan meliputi pembangunan gedung dua lantai dengan menggunakan APBD Kabupaten Lamongan. Penyelesaian pembangunan diharapkan dapat selesai tepat waktu dengan waktu pelaksanaan 150 (seratus lima puluh) hari kalender atau 3 bulan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis waktu dan biaya proyek dengan menggunakan metode *crashing* dengan penambahan tenaga kerja, metode *overlapping*, dan metode gabungan antara *crashing* dengan penambahan tenaga kerja dan *overlapping*, dengan tujuan menganalisis waktu dan biaya yang paling optimal dengan menggunakan alternatif *crashing*, *overlapping*, dan kombinasi *overlapping*, *crashing*. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data kurva S dan jadwal waktu, laporan mingguan proyek, Rencana Anggaran Biaya (RAB). Kemudian dilakukan pembahasan untuk menentukan waktu dan biaya akibat percepatan dengan penambahan tenaga kerja, *overlapping*, dan kombinasi *overlapping crashing*. Perhitungan percepatan dari ketiga alternatif tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu dan biaya akibat percepatan yang optimal adalah dengan menggunakan metode gabungan *crashing*, penambahan tenaga kerja dan *overlapping*, diperoleh pengurangan biaya sebesar Rp. 291.484.666,67 dari total biaya pekerjaan normal sebesar Rp. 25.313.105.854,21 menjadi Rp. 25.021.621.187,54 atau turun 1,152% dari total biaya pekerjaan normal dengan pengurangan durasi pekerjaan 49 hari dari durasi normal 150 hari menjadi 101 hari.

Kata kunci: Metode *Crashing*, Metode *Overlapping*, Metode Gabungan *Crashing Overlapping*, Percepatan proyek.

1. PENDAHULUAN

Bertambahnya percepatan setiap kegiatan dalam suatu proyek konstruksi (*Crashing Project Time*) dari waktu normalnya, tentu akan menyebabkan waktu penyelesaian proyek menjadi lebih cepat. Akan tetapi, bertambahnya kecepatan waktu kegiatan-kegiatan tersebut juga akan mempengaruhi proyek dari segi biaya, khususnya untuk setiap kegiatan yang waktunya dipercepat menjadi lebih tinggi, sehingga total biaya proyek menjadi lebih besar daripada biaya normalnya [1].

Pelaksanaan pembangunan Rumah Brondong – Lamongan meliputi kegiatan pembangunan gedung dua lantai dengan menggunakan APBD Kabupaten Lamongan. Penyelesaian pembangunan diharapkan selesai tepat waktu dengan waktu pelaksanaan 150 (seratus lima puluh) hari kalender atau 3 bulan. Bangunan pelayanan masyarakat yang sifatnya segera difungsikan untuk umum maka diperlukan metode untuk menangani penyelesaian pembangunan dapat berjalan sesuai dengan target penyelesaian. Peneliti tertarik dengan permasalahan yang terdapat pada pembangunan Rumah Sakit Brondong - Lamongan untuk dilakukan percepatan.

Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini, melibatkan kajian penelitian terdahulu guna mengetahui bagaimana peneliti sebelumnya melakukan risetnya, mengangkat suatu masalah, metode yang diterapkan hingga memperoleh hasil penelitian sebagai landasan peneliti setelahnya.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

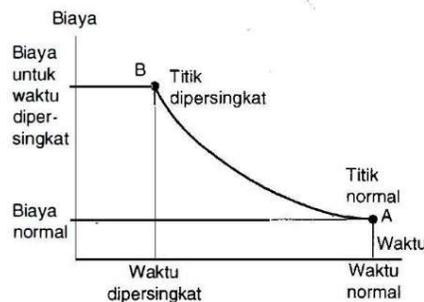
No	Judul	Tujuan	Kesimpulan
1	Analisis Percepatan Pelaksanaan Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung [2]	- Mengetahui durasi penyelesaian proyek Java Village Resort setelah dijadwal ulang atau <i>reschedule</i> . - Mengetahui besar <i>presentase</i> perubahan biaya dari pelaksanaan percepatan proyek.	- Waktu ideal percepatan ialah 130 hari dari sisa waktu 141 hari karena adanya keterlambatan, namun perpanjangan tetap di undur 24 hari dari rencana perpanjangan. - Perhitungan biaya percepatan dengan penambahan jam kerja sebesar 19,28 % atau Rp. 238.907.143. sedangkan waktu percepatan dengan penambahan jam kerja adalah menjadi 130 hari dari 141 hari jangka waktu percepatan.
2	Analisis Optimasi Penjadwalan Proyek dan Efisiensi Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus; Pembangunan RSUD Ketanggungan Kabupaten Brebes) [3]	Mengetahui penjadwalan yang optimal dan item pekerjaan yang perlu dipercepat dengan menentukan lintas kritis menggunakan PDM (<i>Precedence Diagram Method</i>) supaya mendapatkan biaya yang efisien	Percepatan menggunakan metode <i>Crashing</i> , metode <i>Overlapping</i> , dan metode <i>Combine</i> (<i>Crashing</i> dan <i>Overlapping</i>) dapat memperoleh hasil percepatan waktu/durasi 7 minggu (21 %) dan nilai optimasi biaya pelaksanaan sebesar Rp. 4.207.237.695,03 (7%), dari biaya pelaksanaan semula Rp. 58.557.390.571,00 menjadi Rp. 54.350.152.875,97.
3	Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metode <i>Crashing</i> Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII [4]	Mengetahui waktu dan biaya proyek jika dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, serta mengetahui perbandingan waktu dan biaya yang optimum dengan penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja	Waktu yang ideal yang diperoleh akibat percepatan adalah menggunakan penambahan tenaga kerja dengan pengerjaan 281 hari dari waktu normal 320 hari dan biaya pekerjaan menjadi Rp. 9.217.956.594,13 atau turun 0,3% dari biaya normal Rp 9.295.727.416,59. Sedangkan dengan penambahan jam kerja diperoleh pengerjaan 299 hari dari waktu normal 320 hari dan biaya pekerjaan menjadi Rp 9.316.493.591,55 atau naik 0,2% dari biaya normal Rp 9.295.727.416,59.
4	Pengendalian Waktu dan Biaya Dengan Menggunakan Metode PDM Pada Pelaksanaan Gedung (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Farmasi Universitas Wahid Hasyim Semarang T.A. 2022) [5]	Mengetahui performa pelaksanaan, menganalisis kinerja proyek berdasarkan konsep nilai hasil ditinjau dari waktu dan biaya, serta mengoptimalkan waktu dan biaya dengan <i>crashing</i> penambahan jam kerja (lembur).	Hasil penelitian didapatkan evaluasi pada pelaksanaan proyek minggu ke-25, mengalami keterlambatan dengan performa -3,070%. Penjadwalan ulang dimulai dari minggu ke-25 dengan metode <i>Precedence Diagram Method</i> (PDM) didapatkan waktu kritis 113 hari. Optimasi waktu serta biaya metode <i>crashing</i> dengan menambah jam lembur 3 jam (Lembur) dapat memperpendek durasi total sebanyak 28 hari dengan biaya Rp 68.333.458.223 selisih biaya Rp 270.630.006 dari BAC awal.
5	Optimalisasi Waktu Pelaksanaan Proyek Mark House Sebatu Dengan Metode <i>Least Cost Analysis</i> [6]	Mengetahui durasi dan biaya optimal dalam rangka menyelesaikan proyek yang mengalami keterlambatan dengan menggunakan metode <i>Least Cost Analysis</i>	Anggaran Total peningkatan kecepatan yang diperoleh sebesar Rp5.490.063.811 dari rata-rata yang diambil biaya sebesar Rp5.468.320.000 terdapat tambahan sebesar Rp21.743.811. Atau kenaikan biaya yang diambil sekitar 0,40% dari biaya normal, sedangkan waktu dan biaya yang diambil ideal dari usaha tersebut dapat dilakukan dengan melakukan tambahan waktu kerja selama 4 jam.

Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan keterampilan untuk semua kegiatan usaha guna memenuhi semua tujuan. Manajemen usaha dilakukan dengan melaksanakan dan menghubungkan tahapan-tahapan persiapan manajemen proyek: pemikiran, perencanaan, pelaksanaan, pemeriksaan, pengendalian, dan akhirnya penyelesaian semua tahapan usaha. Perubahan pada satu atau lebih variabel tersebut mempengaruhi paling tidak satu faktor lainnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu wadah yang besar agar kombinasi dari ketiga variabel tersebut dapat berjalan dengan baik [7].

Metode Crashing

Metode *crashing* merupakan peredusian waktu penyelesaian proyek yang disengaja secara analitik dan sistematis dengan menguji dari keseluruhan kegiatan pada jalur kritis, maka lintasan jalur kritis pada *networking planning* harus sudah diketahui sebelum melakukan *crashing*, karena jalur tersebut menjadi penentu dalam proses mencari alternative percepatan durasi. [8]. Beberapa istilah yang digunakan dalam metode *crashing* yaitu biaya normal (*normal cost*), waktu normal (*normal duration*), waktu dipersingkat (*crashduration*) serta biaya untuk waktu dipersingkat (*crash cost*).



Gambar 1. Hubungan Waktu Dan Biaya Pada Keadaan Normal Dan Dipersingkat Pada Suatu Kegiatan [8]

Metode Overlapping

Beberapa analisis *network* dipaparkan bahwa aktifitas berikutnya hanya dapat dilakukan apabila aktifitas sebelumnya selesai dikerjakan. Metode *overlapping* mencakup dimulainya aktivitas lebih awal dari tanggal mulai yang direncanakan sehingga aktivitas tersebut dapat dimulai sebelum aktivitas pendahulunya selesai, yaitu dengan cara mengubah beberapa aktivitas berurutan menjadi aktivitas parallel [9]. Demikian pula hal ini memerlukan biaya tambahan karena pengerjaan ulang yang tidak bisa dihindari. Metode *overlapping* memberikan sebuah representasi proyek yang membentuk *network* yang lebih realistis dan memungkinkan menghasilkan durasi suatu proyek yang lebih pendek [8]. Hubungan antara aktivitas-aktivitas tersebut dapat disebut "hubungan tumpang tindih". Ada empat macam hubungan tumpang tindih yang dapat terjadi antara dua aktivitas, yaitu: *Start-to-start* (S/S), *Start-to-finish* (S/F), *Finish-to-start* (F/S), *Finish-to-finish* (F/F).

Cost Slope

Dengan memanfaatkan faktor waktu dan biaya pada waktu normal dan cepat, diperoleh biaya tambahan untuk mempercepat suatu tindakan per satuan waktu, yang disebut *cost slope*. Menggambarkan titik-titik pergerakan yang terkait dengan bagian-bagian garis yang dapat berfungsi untuk menganalisis aktivitas mana yang masih dapat diselesaikan. Strategi yang digunakan adalah meninjau *slope* setiap bagian garis yang dapat memberikan identifikasi yang dapat dikenali tentang dampak biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian suatu proyek.

2. METODE

Metode Crashing

Prinsip dasar perhitungan waktu metode *crashing*:

Normal Time / Waktu Normal, yaitu penyelesaian aktivitas dalam kondisi normal, dan *Crash Time* / Waktu Akselerasi, yaitu waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas.

Prinsip dasar perhitungan biaya metode *crashing*:

Normal Cost / Biaya Normal, yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi normal. Kemudian, *Crash Cost* / Biaya Akselerasi, yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas. Dari dua komponen tersebut dapat diperoleh Total Biaya Akselerasi. Sedangkan, Biaya Akselerasi per Unit Waktu (*Slope*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek dalam satuan waktu terkecil yang ditentukan.

Metode *Overlapping*

Metode *overlapping* merupakan metode percepatan waktu dengan merubah *relationship* supaya pekerjaan selesai lebih cepat dengan tidak merubah durasi, sehingga mencapai waktu yang diperlukan dengan memperhitungkan lead time pada 4 jenis hubungan, yaitu: *Start-to-Start* (S/S), *Start-to-Finish* (S/F), *Finish-to-Start* (F/S) dan *Finish-to-Finish* (F/F)

Metode Gabungan *Overlapping Crashing*

Metode gabungan *overlapping crashing* bisa menjadi metode perencanaan lanjutan yang menggabungkan metode *overlapping* dan *crashing* dengan memanfaatkan standar-standar penting dari masing-masing metode yang dijelaskan di atas, sehingga diperoleh waktu dan biaya yang paling ideal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lingkup Pekerjaan Proyek Rumah Sakit Brondong Lamongan

Lingkup pekerjaan utama pada pekerjaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Brondong Lamongan dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Lingkup Pekerjaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Brondong Lamongan

No	Uraian Pekerjaan	Harga	
1	Penerapan SMK3	Rp.	146.066.052,80
2	Pekerjaan Persiapan	Rp.	272.860.667,93
3	Pekerjaan Struktur	Rp.	7.347.274.663,48
4	Pekerjaan Arsitektur	Rp.	6.297.067.853,01
5	Pekerjaan Lansekap dan Bangunan Penunjang	Rp.	1.997.811.141,90
6	Pekerjaan MEP Lt. 1	Rp.	6.358.065.402,83
7	Pekerjaan MEP Lt. 2	Rp.	2.893.944.980,60
	Jumlah	Rp.	25.313.105.854,21
	PPN 11%	Rp.	2.784.441.643,96
	Jumlah Total	Rp.	28.097.547.498,17
	Pembulatan	Rp.	28.097.547.400,00

Metode *Crashing*

Analisis Percepatan Dengan Penambahan Tenaga Kerja

Dalam analisis percepatan dengan melakukan penambahan jumlah tenaga kerja, koefisien produktivitas akan menurun apabila terjadi kepadatan lokasi. Contoh perhitungan durasi crash pada Pekerjaan Balok B3 (30x60) cm mutu $f_c = 30$ Mpa meliputi pekerjaan beton, pekerjaan pembersian, dan pekerjaan bekisting.

$$\begin{aligned}
 DC &= \frac{V}{P} \\
 &= \frac{148,08}{\left(\frac{12 \times 2}{12} \times 5,289 \times 0,77\right)} \\
 &= 18,18 \text{ hari} \approx 19 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Durasi *Crash* Dengan Percepatan Penambahan Tenaga Kerja

No	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal (Dn)	Durasi <i>Crash</i> (Dc)	Di = Dn-Dc
C	PEKERJAAN STRUKTUR			
1	Pengeboran Strauss Pile Ø 40 cm	21	14	7
2	Beton Strauss Pile Ø 40 cm mutu $f_c = 30$ Mpa	28	19	9
3	Pilecap - P1 (200-66x187x65) mutu $f_c = 30$ Mpa	14	10	4
4	Pilecap - P2 (200x70x65) mutu $f_c = 30$ Mpa	7	5	2
5	Pilecap - P3 (70x70x65) mutu $f_c = 30$ Mpa	14	10	4
6	Plat Wiremesh Lantai 1 mutu $f_c = 30$ Mpa	14	10	4
7	Kolom 1 /K1 (50x70) mutu $f_c = 30$ Mpa	7	5	2

No	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal (Dn)	Durasi Crash (Dc)	Di = Dn-Dc
8	Kolom 2 /K2 (40x60) mutu f'c = 30 Mpa	7	5	2
9	Kolom 3 /K3 (40x40) mutu f'c = 30 Mpa	7	5	2
10	Kolom 4 /K4 (30x50) mutu f'c = 30 Mpa	7	5	2
11	Balok B1 (40x70) mutu f'c = 30 Mpa	28	19	9
12	Balok B2 (35x65) mutu f'c = 30 Mpa	28	19	9
13	Balok B3 (30x60) mutu f'c = 30 Mpa	28	19	9
14	Balok B4 (30x50) mutu f'c = 30 Mpa	28	19	9
15	Balok B5 (25x50) mutu f'c = 30 Mpa	28	19	9
16	Balok B6 (20x40) mutu f'c = 30 Mpa	28	19	9
17	Plat Lantai 2 t.15 cm mutu f'c = 30 Mpa	14	10	4
18	Plat Lantai 3 t.15 cm mutu f'c = 30 Mpa	14	10	4
D PEKERJAAN ARSITEKTUR				
1	Pasangan dinding bata camp. 1 PC : 6 PS	21	14	7
2	Plesteran bata camp. 1 PC : 6 PS	21	14	7
3	Pekerjaan acian dinding	14	10	4
4	Ornamen kayu (WPC) & rangka hollow	21	14	7
5	Pasangan Kanopi	14	10	4
6	Pemasangan ACP	21	14	7
7	Cat exterior	14	10	4

Analisis Biaya Langsung dan Tidak Langsung Metode *Crashing*

Pekerjaan Normal dan Biaya Normal

Pekerjaan normal merupakan pekerjaan yang sesuai dengan perencanaan dan data dilapangan. Untuk menentukan koefisien biaya langsung (*direct cost*) upah, bahan dan peralatan dibutuhkan data rencana anggaran biaya dari pekerjaan normal. Berikut contoh perhitungan pada Pekerjaan Bekisting Balok

$$\text{Koefisien biaya upah, bahan, dan alat} = \text{Rp. } 442.175,40 / \text{Rp. } 486.392,94 = 0,9091$$

$$\text{Koefisien biaya umum dan keuntungan} = \text{Rp. } 44.217,94 / \text{Rp. } 486.392,94 = 0,0909$$

$$\text{Biaya langsung (direct cost)} = 0,9091 \times \text{Rp. } 25.313.105.854,21 = \text{Rp. } 23.012.144.532,06$$

$$\text{Biaya tidak langsung (indirect cost)} = 9,09\% \times \text{Rp. } 25.313.105.854,21 = \text{Rp. } 2.300.961.322,15$$

Pada perhitungan biaya keuntungan akan didapatkan dari pengurangan biaya umum dan keuntungan dikurangi total biaya umum. Pada penelitian ini, nilai keuntungan bersifat tetap baik pada normal maupun *crashing*.

$$\text{Biaya umum} = \text{Rp. } 892.300.000,00 \approx \text{Rp. } 5.948.666,67 \text{ per hari}$$

$$\text{Biaya keuntungan} = \text{Biaya umum dan keuntungan} - \text{Total biaya umum}$$

$$= \text{Rp. } 2.300.961.322,15 - \text{Rp. } 892.300.000,00$$

$$= \text{Rp. } 1.408.661.322,15$$

Pekerjaan *Crashing* dan Biaya *Crashing*

Perhitungan percepatan (*crashing*) dengan menambah tenaga kerja, lama pengerjaan adalah 129 hari, berbeda 21 hari dengan pekerjaan normal selama 150 hari.

$$\text{Biaya langsung (direct cost)} = \text{Biaya langsung normal} + \text{Biaya langsung penambahan tenaga kerja}$$

$$= \text{Rp. } 23.012.144.532,06 + 0$$

$$= \text{Rp. } 23.012.144.532,06$$

$$\text{Biaya tidak langsung (indirect cost)} = \text{Durasi} \times \text{Biaya umum per hari}$$

$$= 129 \times \text{Rp. } 5.948.666,67$$

$$= \text{Rp. } 767.378.000,00$$

$$\text{Total biaya proyek normal} = \text{Rp. } 23.012.144.532,06 + \text{Rp. } 892.300.000,00 + \text{Rp. } 1.408.661.322,15$$

$$= \text{Rp. } 25.313.105.854,21$$

Total biaya proyek setelah *crashing* = Rp. 23.012.144.532,06+Rp. 767.378.000,00+Rp. 1.408.661.322,15
= Rp. 25.188.183.854,21

Untuk memberi gambaran yang jelas, berikut tabel 4 rekapitulasi waktu dan biaya dengan metode *crashing* penambahan tenaga kerja.

Tabel 4. Perbandingan Waktu Dan Biaya Normal Dan *Crashing*

Kegiatan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Umum	Keuntungan	Total Biaya	Rasio
Normal	150	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 892.300.000,00	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.313.105.854,21	1,000
Tambah tenaga kerja	129	Rp. 22.781.795.268,79	Rp. 767.378.000,00	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.188.183.854,21	0,995

Metode Tumpang Tindih / *Overlapping*

Metode tumpang tindih / *overlapping* dapat berupa metode dimana pekerjaan diselesaikan lebih cepat tanpa mengubah waktu awal, tetapi mengubah hubungan dan waktu luang / *lag*. Berdasarkan data yang telah disusun, ada beberapa pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis. Hasil analisis metode *overlapping* dengan bantuan *Microsoft Project 2016* dimana terjadi perubahan *relationship* pada beberapa kegiatan pekerjaan setelah diolah dengan hasil durasi pelaksanaan menjadi 122 hari dari waktu normal 150 hari.

Pekerjaan *Overlapping* dan Biaya *Overlapping*

Biaya langsung (*direct cost*) = Rp. 23.012.144.532,06

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) = Durasi x Biaya umum per hari
= 122 x Rp. 5.948.666,67
= Rp. 725.737.333,33

Total biaya proyek normal = Rp. 23.012.144.532,06+Rp. 892.300.000,00+Rp. 1.408.661.322,15
= Rp. 25.313.105.854,21

Total biaya proyek setelah *overlapping* = Rp. 23.012.144.532,06+Rp. 725.737.333,33+Rp. 1.408.661.322,15
= Rp. 25.146.543.187,54

Untuk memberi gambaran yang jelas, berikut tabel 5 rekapitulasi waktu dan biaya dengan metode *crashing* penambahan tenaga kerja.

Tabel 5. Perbandingan Waktu Dan Biaya Normal dan *Overlapping*

Kegiatan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Umum	Keuntungan	Total Biaya	Rasio
Normal	150	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 892.300.000,00	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.313.105.854,21	1,000
Tambah tenaga kerja	122	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 725.737.333,33	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.188.183.854,21	0,993

Metode Gabungan *Overlapping Crashing*

Hasil simulasi perubahan waktu dan *relationship* metode *overlapping* dan *crashing* penambahan tenaga kerja dan alat pada hasil *Microsoft Project 2016* dengan percepatan waktu menjadi 101 hari dari durasi normal 150 hari.

Pekerjaan Gabungan dan Biaya Gabungan

Biaya langsung (*direct cost*) = Rp. 23.012.144.532,06

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) = Durasi x Biaya umum per hari
= 101 x Rp. 5.948.666,67
= Rp. 600.815.333,33

Total biaya proyek normal = Rp. 23.012.144.532,06+Rp. 892.300.000,00+Rp. 1.408.661.322,15
= Rp. 25.313.105.854,21

Total biaya proyek setelah gabungan = Rp. 23.012.144.532,06+ Rp. 600.815.333,33+Rp. 1.408.661.322,15
= Rp. 25.021.621.187,54

Untuk memberi gambaran yang jelas, berikut tabel 6 rekapitulasi waktu dan biaya dengan metode *overlapping crashing*.

Tabel 6. Perbandingan Waktu Dan Biaya Normal Dan Gabungan

Kegiatan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Umum	Keuntungan	Total Biaya	Rasio
Normal	150	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 892.300.000,00	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.313.105.854,21	1,000
Kombinasi <i>Crashing</i> tambah tenaga dan <i>Overlapping</i>	101	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 600.815.333,33	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.021.621.187,54	0,988

Pembahasan

Hasil perhitungan *crash program* yang dilakukan dengan menambah tenaga kerja, durasi perpanjangan dapat dipercepat menjadi 129 hari atau 21 hari lebih cepat dari pekerjaan biasa dengan durasi 150 hari. Dalam metode *overlapping*, durasi pekerjaan proyek dapat dipercepat menjadi 122 hari, 28 hari lebih cepat dari pekerjaan biasa yang berlangsung selama 150 hari. Dengan menggabungkan metode *overlapping* dan *crashing* penambahan tenaga kerja, durasi pekerjaan dapat dipercepat menjadi 101 hari, atau 49 hari lebih cepat dari waktu normal selama 150 hari

Pada metode *crashing* penambahan tenaga kerja tidak ada penambahan biaya langsung namun terdapat penurunan biaya tidak langsung yaitu dari biaya normal Rp. 25.313.105.854,21 turun menjadi Rp. 25.188.183.854,21 dengan selisih sebesar Rp. 124.922.000,00 atau 0,494%. Metode *overlapping* tidak ada penambahan biaya langsung namun terdapat penurunan biaya tidak langsung yaitu dari biaya normal Rp. 25.313.105.854,21 turun menjadi Rp. 25.146.543.187,54 dengan selisih sebesar Rp. 166.562.666,67 atau 0,658%. Sedangkan metode gabungan *crashing* penambahan tenaga kerja dan *overlapping* tidak ada penambahan biaya langsung namun terdapat penurunan biaya tidak langsung yaitu dari biaya normal Rp. 25.313.105.854,21 turun menjadi Rp. 25.021.621.187,54 dengan selisih sebesar Rp. 291.484.666,67 atau 1,152%. Berikut lebih jelasnya disajikan dalam bentuk tabel rekapitulasi perbandingan durasi pekerjaan dan biaya dibawah ini.

Tabel 7. Rekapitulasi Perbandingan Durasi dan Biaya

Kegiatan	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Total Biaya	Rasio
			Biaya Umum	Keuntungan		
Normal	150	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 892.300.000,00	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.313.105.854,21	1,000
<i>Crashing</i> tambah tenaga kerja	129	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 767.378.000,00	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.188.183.854,21	0,995
<i>Overlapping</i>	122	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 725.737.333,33	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.146.543.187,54	0,993
Kombinasi <i>Crashing</i> tambah tenaga kerja & <i>Overlapping</i>	101	Rp. 23.012.144.532,06	Rp. 600.815.333,33	Rp. 1.408.661.322,15	Rp. 25.021.621.187,54	0,988

4. KESIMPULAN

- Hasil analisis dengan metode *crashing* penambahan tenaga kerja didapatkan waktu pelaksanaan selama 129 hari dari waktu normal 150 hari serta penurunan biaya menjadi Rp. 25.188.183.854,21 atau turun 0,494 % dari biaya normal sebesar Rp 25.313.105.854,21.
- Hasil analisis dengan metode *overlapping* / tumpang tindih didapatkan waktu pelaksanaan selama 122 hari dari waktu normal 150 hari serta penurunan biaya menjadi Rp. 25.146.543.187,54 atau turun 0,658 % dari biaya normal sebesar Rp 25.313.105.854,21.

- c. Hasil analisis dengan metode gabungan *overlapping crashing* didapatkan waktu pelaksanaan selama 101 hari dari waktu normal 150 hari serta penurunan biaya menjadi Rp. 25.021.621.187,54 atau turun 1,152 % dari biaya normal sebesar Rp 25.313.105.854,21.
- d. Hasil analisis ketiga alternatif di atas dapat disimpulkan bahwa waktu dan biaya akibat percepatan yang optimum adalah dengan menggunakan metode gabungan *crashing* penambahan tenaga kerja dan *overlapping*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwijono, D. (2017). "Optimalisasi Waktu Percepatan dan Biaya Kegiatan di Dalam Metode Jalur Kritis Dengan Pemrograman Linear", *Jurnal Terapan Teknologi Informatika*, 1-9.
- [2] Fibrriyanto, R. "Analisis Percepatan Pelaksanaan Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung", *Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia, 2017.
- [3] Abidin, K. F., Pratikso, & Wibowo, K. (2022). "Optimalisasi Penjadwalan Dan Efisiensi Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Pembangunan RSUD Ketanggungan Kabupaten Brebes)", *Jurnal Pondasi*, Vol. 27 No. 2.
- [4] Khiansih, A. P. "Evaluasi Waktu Dan Biaya Dengan Metoda *Crashing* Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII", *Thesis*, Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [5] Hakim, Z. S. B., & Sahid, M. N. "Pengendalian Waktu dan Biaya Dengan Menggunakan Metode PDM Pada Pelaksanaan Gedung (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Farmasi Universitas Wahid Hasyim Semarang T.A. 2022)", *Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2022.
- [6] Indramanik, I. B. G. (2021). "Optimalisasi Waktu Pelaksanaan Proyek Mark House Sebatu Dengan Metode *Least Cost Analysis*". *Jurnal Teknik Gradien*, Vol. 13, No. 02, Hal. 37-48.
- [7] Santosa, B. (2013). "Manajemen Proyek: Konsep & Implementasi". Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Umar. M. A. "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)", *Thesis*, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2021.
- [9] Meier. C. B. T. (2015). "*The Cost of Speed: Work Policies for Crashing and Overlapping in Product Development Project*. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 237-255.