JURNAL FORUM MEKANIKA
Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

Optimasi Percepatan Proyek Tanggap Darurat Pelabuhan Sunda Kelapa, Jakarta Utara

Oriza Satyfa[1]; Gita Puspa Artiani[1*]; Bermando M Siagian[1]

1. Prodi Teknik Sipil, Universitas Krisnadwipayana, Jalan Raya Jatiwaringin, RT. 03 / RW. 04, Jatiwaringin, Pondok Gede, RT.009/RW.005, Jaticempaka, Kec. Pd. Gede, Kota Bks, Jawa Barat 13077, Indonesia

[*)]Email: gita_artiani@unkris.ac.id

Received: 13 Januari 2025 | Accepted: 11 Juni 2025 | Published: 17 Oktober 2025

ABSTRACT

Emergency response work is the actions and efforts taken to handle and respond to emergency or disaster situations quickly and effectively. The goal is to save lives, reduce damage, and restore normal conditions as quickly as possible. The Sunda Kelapa Rob Flood Management Project is an emergency response project where the implementation of repairs must be carried out quickly. Therefore, to achieve the best results in terms of time, cost, and quality, project optimization was carried out using the time-cost trade off method assisted by Microsoft Project and Microsoft Excel project programs. Activities were searched on the critical trajectory and the defect duration, defect cost, and cost overrun were calculated. The results showed that the ideal cost and time could be achieved by finding the smallest project cost with the ideal duration. In addition, the ideal time can be achieved by implementing working hours into 2 shifts, which results in 10 days of work execution duration with a total cost after crashing of Rp. 8,998,780,029.

Keyword: *Emergency Response, Time Cost Trade Off, Optimization*

ABSTRAK

Pekerjaan tanggap darurat adalah tindakan dan upaya yang dilakukan untuk menangani dan merespons situasi darurat atau bencana secara cepat dan efektif. Tujuannya adalah untuk menyelamatkan nyawa, mengurangi kerusakan, dan memulihkan kondisi normal secepat mungkin. Proyek Penanganan Banjir Rob Sunda Kelapa merupakan proyek tanggap darurat yang dimana pada pelaksanaan perbaikannya harus dilakukan secara cepat. Oleh karena itu, untuk mencapai hasil terbaik dalam hal waktu, biaya, dan kualitas, optimasi proyek dilakukan dengan metode trade off biaya waktu yang dibantu oleh program proyek Microsoft Project dan Microsoft Excel. Kegiatan dicari di lintasan kritsis dan dihitung durasi kerusakan, biaya kerusakan, dan lonjakan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya dan waktu yang ideal dapat dicapai dengan menemukan biaya proyek terkecil dengan durasi yang ideal. Selain itu, waktu yang ideal dapat dicapai dengan menerapkan jam kerja menjadi 2 shift, yang menghasilkan 10 hari durasi pelaksanaan pekerjaan dengan biaya total setelah crashing sebesar Rp. 8.998.780.029

Kata Kunci: *Tanggap Darurat ,Time Cost Trade Off, Optimasi*

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

1. PENDAHULUAN

Proyek Penanganan Banjir Rob di Pelabuhan Sunda Kelapa merupakan salah satu proyek tanggap darurat yang memerlukan penanganan cepat untuk mengurangi dampak kerusakan yang lebih besar [1]. Pada penanganannya proyek ini berdurasi selama 19 hari, sesuai dengan kontrak antar owner dan kontraktor. Berdasarkan Pedoman BNPB tahun 2016 tentang Penetapan Status Darurat menyatakan bahwa Penetapan Status Darurat di wilayah kab/kota diberlakukan paling lama dalam waktu 7-14 hari [2]. Berkaitan dengan pedoman tersebut dapat disimpulkan Proyek Tanggap Darurat Pelabuhan Sunda Kelapa ini mengalami pemborosan waktu dan tidak optimal, yang dimana pelaksanaan protyek tersebut seharusnya dilakukan selama rentang waktu 7-14 hari [3]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan biaya dan waktu pada Proyek Penanganan Banjir Rob Pelabuhan Sunda Kelapa dengan metode TCTO [4]. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu dalam menentukan strategi yang paling efektif untuk mengurangi keterlambatan proyek dan mengurangi biaya, serta menghitung perbedaan waktu dan biaya proyek sebelum dan sesudah dilakukan percepatan.

2. METODE

a. Metode Penelitian

Metode analisis yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode *time cost trade off* (TCTO). Metode TCTO, atau yang dikenal juga sebagai metode optimasi percepatan, merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah ketika suatu proyek mengalami keterlambatan [5].

b. Metode Analisa Data

Dalam upaya mempercepat waktu pelaksanaan proyek, dilakukan alternatif penerapan shift kerja dan penambahan kerja lembur sebagai alternatif pembanding yang bertujuan meningkatkan produktivitas tenaga kerja serta memperoleh waktu dan biaya optimum. Penerapan metode TCTO memerlukan perhitungan *Crash Duration* dan *Crash Cost*. Untuk menghitung *Crash Cost* dan *Crash Duration* [6].

1. Identifikasi Lintas Kritis

Dilakukan identifikasi kegiatan kritis menggunakan perangkat lunak Ms.Project guna mengetahui kegiatan kritis yang diperlukan adanya percepatan.

2. Implementasi *crashing program*

a. Alternatif penambahan waktu kerja (lembur)

Penambahan waktu kerja (lembur) akan berdampak pada efisiensi proyek. Dalam hal ini melibatkan produktivitas dan perubahan upah pekerja [7]. Proses optimasi proyek tersebut akan dihitung dengan crashing program meliputi:

1. *Crash Duration*

- Menghitung produktifitas harian
  Produktifitas harian = Volume pekerjaan / Durasi Normal
- Menghitung produktifitas per jam
  Produktifitas per jam = Prod. Harian/ Jam kerja harian normal
- Menghitung produktifitas lembur (asmaroni, 2020)
  Produktifitas lembur = jam kerja lembur x Koef.produktifitas x prod. Per jam

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

Di mana pada penelitian ini koefisien produktivitas jam lembur seperti table dibawah ini [8].

Tabel 1. Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja
1 Jam	0,1	90
2 Jam	0,2	80
3 Jam	0,3	70

- Menghitung produktifitas harian setelah di-crash
  Produktifitas harian setelah crash = Prod. Harian + Prod. Lembur
- Menghitung *Crash Duration*
  Crash Duration = Volume pekerjaan/ prod. Harian setelah crash [9].

2. *Crash Cost*

- Menghitung upah kerja harian normal:
  Upah kerja harian normal = Produksi harian x Harga satuan upah kerja
- Menghitung upah kerja per jam normal:
  Upah kerja per jam normal = Produksi per jam x Harga satuan upah kerja
- Menghitung upah kerja lembur per hari (2 jam kerja):
  Upah kerja lembur per hari (2 jam) = (1,5 x upah per jam normal) + (2 x upah per jam normal)
- Menghitung upah kerja lembur per hari (4 jam kerja):
  Upah kerja lembur per hari (4 jam) = (1,5 x upah per jam normal) + (3 x upah per jam normal)
- Menghitung *Crash Cost* tenaga kerja per hari:
  Crash Cost tenaga kerja per hari = Upah harian + Upah kerja lembur per hari
- Menghitung *Crash Cost* total:
  Crash Cost total = *Crash Cost* per hari x *Crash Duration* [10].

3. *Cost Slope*

- $$\textit{Cost Slope} = \frac{\textit{Crash Cost} - \textit{Normal Cost}}{\textit{Normal Duration} - \textit{Crash Duration}} \quad (1)$$

b. Alternatif Penerapan Jam Kerja Shift

1. *Crash Duration*

- Menghitung Produktivitas harian
  Produktifitas harian = Volume pekerjaan / Durasi Normal
- Menghitung produktifitas sesudah crashing
  Produktifitas crashing = Produktivitas harian x Jumlah shift
- Menghitung *Crash Duration*
  Crash Duration = Volume pekerjaan/ prod. Harian setelah crash [11].

2. *Crash Cost*

- Shift Pertama = Jumlah Pekerja × Gaji Pekerja per hari

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

- Shift Kedua = Jumlah Pekerja × (Jam Kerja Shift Pertama/Shift Kedua) × Gaji Pekerja per hari
- *Crash Cost* = Nominal Proyek + (*Crash Duration**Biaya Crashing)

3. *Cost Slope*

- $$Cost\ Slope = \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{Normal\ Duration - Crash\ Duration} \quad (2)$$

3. Analisis Optimum Waktu dan Biaya

Analisis Optimasi percepatan biaya dan waktu melibatkan hasil perhitungan dari *crashing program* serta biaya langsung dan biaya tak langsung guna mengetahui total cost setelah dilakukan percepatan proyek menggunakan metode *time cost trade off* [12]. Pada proses analisis optimasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

Biaya Langsung

- Biaya Tambahan = cost slope x total durasi crash
- Biaya Langsung = Tambahan biaya + Biaya langsung normal

Biaya Tak Langsung

- Biaya Tak Langsung (Profit + Overhead) per hari = Biaya tidak langsung/durasi Normal
- Biaya Langsung = Biaya tak langsung normal - Biaya Tak Langsung (Profit + Overhead) per hari

4. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Setelah mendapatkan waktu dan biaya optimum, dilakukan analisis hubungan biaya dan waktu sebagai upaya pengendalian waktu dan biaya [13]. Data korelasi hubungan waktu dan biaya disajikan berupa grafik biaya dan waktu.

5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisa yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan dan saran yang dapat digunakan bagi pelaksana proyek dalam hal waktu maupun biaya yang sebaiknya digunakan [14].

c. Alur Penelitian

1. Melakukan perhitungan meliputi:
   - *Direct Cost*
   - *Indirect Cost* berupa profit proyek
2. Mencari aktivitas kritis dengan menggunakan *Software Microsoft Project*;
3. Melakukan perhitungan dengan crashing program meliputi:
   - *Crash Duration*, yaitu untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.
   - *Crash Cost ,* yaitu untuk mengidentifikasi dan mengelola biaya tambahan yang diperlukan untuk mempercepat durasi proyek.
   - *Cost Slope,* yaitu untuk mengukur dan menganalisis hubungan antara biaya tambahan dan pengurangan waktu penyelesaian proyek.
4. Menghitung total biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total hasil analisa percepatan dengan Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO);

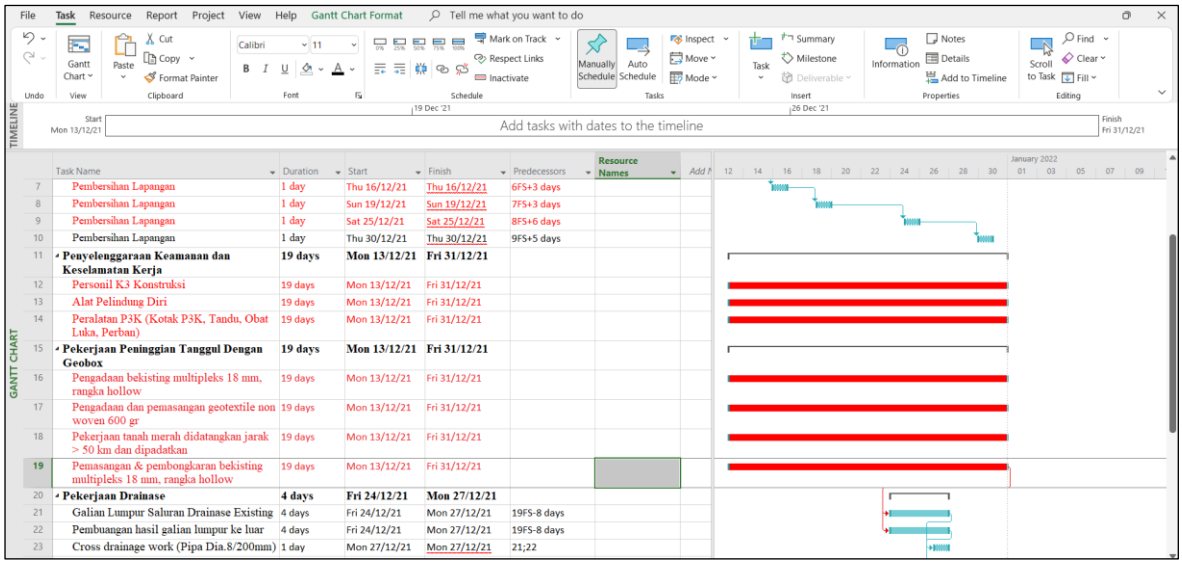
Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

5. Komparasi biaya percepatan hasil Analisis metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) dengan biaya normal, yaitu untuk menemukan selisih biaya dan waktu setelah dilakukannya percepatan proyek;
6. Kesimpulan dan Saran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Lintasan Kritis

Lintasan kritis ini dapat diperoleh menggunakan Microsoft Office Project, yang adalah sebuah alat bantu manajemen proyek yang memungkinkan pengguna untuk memodelkan, mengelola, dan mengoptimalkan proses proyek.



Gambar 1. Penetuan lintasan kritis

Berdasarkan Gambar 1 diatas Kegiatan-kegiatan kritis yang diperoleh adalah sebagai berikut:

a. Pekerjaan Persiapan
b. Penyelengaraan Keamanan Keselamatan Kerja
c. Pekerjaan Peninggian Tanggul Dengan *Geobox*

Pada umumnya, pekerjaan persiapan dan penyelenggaraan keselamatan akan selalu berjalan sesuai dengan waktu pelaksanaan proyek, karena kegiatan ini merupakan bagian integral dari proses yang memastikan bahwa semua standar keselamatan terpenuhi dan risiko potensial dapat diidentifikasi serta dikelola dengan efektif sepanjang durasi proyek. Maka, pada proses percepatan ini hanya kegiatan utama yang berada pada jalur kritis , yaitu pekerjaan peninggian tanggul dengan geobox [15].

3.2. Implementasi Crashing Program Pada Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Contoh perhitungan *Crash Duration* pada pekerjaan Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow:

Produktivitas Harian = Volume ÷ Durasi Normal

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

	=	84,00 ÷ 19 = 4,42 m3 /hari
Produktivitas/jam	=	Produktivitas Harian ÷ Jam Kerja Normal
	=	4,42 ÷ 8 = 0,55 m3 /hari /jam
Produktivitas Lembur 2 Jam	=	Jam Kerja Lembur x Koef.Produktifitas X Prod. Per Jam
	=	2 x 0,8 x 0,55 = 0,88 m3 /hari /jam
Produktivitas Lembur 4 Jam	=	Jam Kerja Lembur x Koef.Produktifitas X Prod. Per Jam
	=	4 x 0,6 x 0,55 = 1,32 m3 /hari /jam
Produktivitas setelah *crash* (2 jam lembur)	=	Prod. Harian + Prod. Lembur
	=	4,42 +0,88 = 5,30
Produktivitas setelah *crash* (2 jam lembur)	=	Prod. Harian + Prod. Lembur
	=	4,42 + 1,32 = 5,74
Crash Duration (2 jam lembur)	=	Volume pekerjaan /Prod. Lembur
	=	84,00 / 0,88 = 16 hari
Crash Duration (4 jam lembur)	=	Volume pekerjaan /Prod. Lembur
	=	84,00 / 1,32 = 15 hari

Hasil perhitungan *Crash Duration* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan *Crash Duration.*

Tabel 2. Hasil perhitungan *Crash Duration*

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration (Hari)	
			2 Jam Lembur	4 Jam Lembur
A	**Pekerjaan Peninggian Tanggul dengan Geobox**			
1	Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	19	16	15
2	Pengadaan dan pemasangan geotextile non woven 600 gr	19	16	15
3	Pekerjaan tanah merah didatangkan jarak > 50 km dan dipadatkan	19	16	15
4	Pemasangan dan pembongkaran bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	19	16	15

Selain itu dalam *crashing* juga diperlukan *Crash Cost* dimana *Crash Cost* itu sendiri berarti biaya langsung pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas. Contoh perhitungan *Crash Cost* pekerjaan Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow:

Upah kerja harian normal	=	Produksi harian x Harga satuan upah kerja
	=	4,42 + Rp. 788.224 = Rp. 41.485
Upah kerja per jam normal	=	Upah harian normal x durasi kerja normal
	=	0,55 x 8 = Rp. 5.185
Upah kerja lembur per hari (2 jam)	=	(1,5 x upah per jam normal) + (2 x upah per jam normal)
	=	(1,5 x 5.185) + (2 x Rp. 5.185) = Rp. 18. 149

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

Upah kerja lembur per hari (4 jam) = (1,5 x upah per jam normal) + (3 x upah per jam normal)

= (1,5 x 5.185) + (3 x Rp. 5.185) = Rp. 38.892

Crash Cost tenaga kerja per hari (2 jam lembur) = Upah harian + Upah kerja lembur per hari

Rp.41. 485 + Rp. 38.892 = Rp. 59.693

Crash Cost tenaga kerja per hari (4 jam lembur) = Upah harian + Upah kerja lembur per hari

= Rp.41. 485 + Rp. 18. 149 = Rp. 80.378

Crash Cost total (2 jam lembur) = *Crash Cost* per hari x *Crash Duration*

= Rp. 59.693 x 16 = Rp. 951.165

Crash Cost total (4 jam lembur) = *Crash Cost* per hari x *Crash Duration*

= Rp. 80.378 x 15 = Rp. 1.205.671

Hasil perhitungan *Crash Cost* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan *Crash Cost*.

Tabel 3. Hasil perhitungan *Crash Cost*

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration (Hari)		Crash Cost Total (Rp)	
			2 Jam Lembur	4 Jam Lembur	2 Jam Lembur	4 Jam Lembur
A	**Pekerjaan Peninggian Tanggul dengan Geobox**					
1	Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	19	16	15	954.165,89	1.205.671,58
2	Pengadaan dan pemasangan geotextile non woven 600 gr	19	16	15	954.165,89	1.205.671,58
3	Pekerjaan tanah merah didatangkan jarak > 50 km dan dipadatkan	19	16	15	955.783,16	1.207.715,13
4	Pemasangan dan pembongkaran bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	19	16	15	954.165,89	1.205.671,58

Cost slope merupakan biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek dalam satuan waktu terkecil yang ditentukan.

Cost Slope (2 jam lembur) = (*Crash Cost* – Normal Cost) / Normal Cost – *Crash Cost*)

(Rp. 951.165 - Rp. 41.485) / (Rp. 41.485 - Rp. 951.165) = Rp. 304. 226

Cost Slope (4 jam lembur) (*Crash Cost* – Normal Cost) / Normal Cost – *Crash Cost*)

(Rp. 1.205.671- Rp. 41.485) / (Rp. 41.485 - 1.205.671) = Rp. 291.046

Hasil perhitungan *cost slope* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan *cost slope*:

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

Tabel 4. Hasil perhitungan *Cost Slope*

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Crash Duration (Hari)		Crash Cost Total (Rp)		Cost Slope	
			2 Jam Lembur	4 Jam Lembur	2 Jam Lembur	4 Jam Lembur	2 Jam Lembur	4 Jam Lembur
A	**Pekerjaan Peninggian Tanggul dengan Geobox**							
1	Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	19	16	15	954.165,89	1.205.671,58	304.226,81	291.046,53
2	Pengadaan dan pemasangan geotextile non woven 600 gr	19	16	15	954.165,89	1.205.671,58	304.226,81	291.046,53
3	Pekerjaan tanah merah didatangkan jarak > 50 km dan dipadatkan	19	16	15	955.783,16	1.207.715,13	304.742,46	291.539,84
4	Pemasangan dan pembongkaran bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	19	16	15	954.165,89	1.205.671,58	304.226,81	291.046,53

3.3. Crashing dengan Alternatif Penerapan Jam Kerja Shift

Contoh perhitungan *Crash Duration* pada pekerjaan Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow:

Produktivitas setelah *crashing* = Produktivitas harian x Jumlah shift

= 4,42 x 2 = 8,84 m3 /hari

Crash Duration = Volume pekerjaan / Produktivitas setelah *crashing*

= 84,00 / 8,84 = 10 hari

Tabel 5. Hasil perhitungan *Crash Duration*

No.	Uraian Pekerjaan	Crash Duration
A	**Pekerjaan Peninggian Tanggul dengan Geobox**	
1	Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	10
2	Pengadaan dan pemasangan geotextile non woven 600 gr	10
3	Pekerjaan tanah merah didatangkan jarak > 50 km dan dipadatkan	10
4	Pemasangan dan pembongkaran bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	10

Selanjutnya, sama hal nya seperti penambahan jam lembur yaitu diperlukan *Crash Cost* dimana *Crash Cost* itu sendiri berarti biaya langsung pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas. Contoh perhitungan *Crash Cost* pekerjaan c:

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

Shift Pertama = Jumlah Pekerja × Gaji Pekerja per hari
= 12 x Rp. 41.485 = Rp. 497.825
Shift Kedua = Jumlah Pekerja × (Jam Kerja Shift Pertama/Shift Kedua) × Gaji Pekerja per hari
= 12 x (8/5) x Rp. 41.485 = Rp. 796.521
Crash Cost = Nominal Proyek + (*Crash Duration* x Biaya Crashing)
= Rp. 9.719,597.511 + (10 x Rp. 796.521) = Rp. 1.046.647.134

Hasil perhitungan *Crash Cost* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan *Crash Cost*.

Tabel 6. Hasil perhitungan *Crash Cost* Pekerjaan Bekisting

No.	Uraian Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost
A	**Pekerjaan Peninggian Tanggul dengan Geobox**		
1	Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	10	1.046.647.134,95
2	Pengadaan dan pemasangan geotextile non woven 600 gr	10	2.489.888.358,84
3	Pekerjaan tanah merah didatangkan jarak > 50 km dan dipadatkan	10	2.873.412.014,63
4	Pemasangan dan pembongkaran bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	10	1.303.412.033,68

Cost slope merupakan biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek dalam satuan waktu terkecil yang ditentukan.

Cost Slope (2 jam lembur) = (*Crash Cost* – Normal Cost) / Normal Cost – *Crash Cost*)

(Rp. Rp. 1.046.647.134 - Rp. 41.485) / (Rp. 41.485 - Rp. 951.165) = Rp. 304. 226

Hasil perhitungan *cost slope* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan *cost slope*.

Tabel 7. Hasil perhitungan *Crash Cost* Pekerjaan Bekisting

No.	Uraian Pekerjaan	Normal Duration	Crash Duration	Normal Cost	Crash Cost	Crash Slope
A	**Pekerjaan Peninggian Tanggul dengan Geobox**					
1	Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	19	10	41.485,47	1.046.647.134,95	116.289.516,61
2	Pengadaan dan pemasangan geotextile non woven 600 gr	19	10	41.485,47	2.489.888.358,84	275.395.869,39
3	Pekerjaan tanah merah didatangkan jarak > 50 km dan dipadatkan	19	10	41.555.79	2.873.412.014,63	317.785.845,13
4	Pemasangan dan pembongkaran bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	19	10	41.485,47	1.303.412.033,68	143.712.670,50

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

3.4. Analisis Optimum Waktu dan Biaya

Selanjutnya akan diuraikan contoh perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan total biaya crashing dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur):

3.4.1 Tahap Normal

Durasi Normal	=	19 hari
Biaya langsung	=	Unit cost x Nilai Rab
	=	87% x Rp. 9.719.597.511 = Rp. 8.456.049.835
Biaya Tidak Langsung	=	Nilai Rab - Biaya langsung
	=	Rp. 9.719.597.511 - Rp. 8.456.049.835 = Rp. 1.263.547.676
Total cost	=	Biaya langsung + biaya tidak langsung
	=	Rp. 8.456.049.835 + Rp. 1.263.547.676 = Rp. 9.719.597.511

3.4.2 Tahap Kompresi

Crashing dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) pada Pekerjaan Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow:

Cost Slope/hari (2 jam lembur)	=	Rp. 304. 226
Cost Slope/hari (4 jam lembur)	=	Rp. 291.046
Durasi Normal	=	19 hari
Crash Duration (2 jam lembur)	=	15 hari
Crash Duration (4 jam lembur)	=	16 hari
Total Crash (2 jam lembur)	=	3 hari
Total Crash (4 jam lembur)	=	4 hari
Total Durasi Proyek (2 jam lembur)	=	15 hari
Total Durasi Proyek (4 jam lembur)	=	16 hari
Tambahan Biaya (2 jam lembur)	=	Rp. 304. 226 x 3 hari = Rp. 912.680
Tambahan Biaya (4 jam lembur)	=	Rp. 291.046 x 4 hari = Rp. 1.164.186
Biaya Langsung(2 jam lembur)	=	Rp. 8.456.049.835 + Rp. 912.680 = Rp. 8.456.962.515
Biaya Langsung(4 jam lembur)	=	Rp. 8.456.049.835 + Rp. 1.164.186= Rp.8.457.214.021
Biaya Tak Langsung (Profit + Overhead) per hari		Rp. 1.263.547.676/19 hari = Rp. 66.502.506
Biaya Tidak Langsung (2 jam lembur)	=	1.263.547.676 - Rp. 66.502.506 = 1.197.045.167
Biaya Tidak Langsung (4 jam lembur)	=	1.197.045.167 - Rp. 66.502.506 = 1.130.542.657
Total Cost (2 jam lembur)	=	Rp. 8.456.962. 515 + Rp. 1.197.045.167 = Rp. 9.654.007.682
Total Cost (4 jam lembur)	=	Rp.8.457.214.021 + Rp. 1.130.542.657 = Rp. 9.587.756.678

Untuk rekapitulasi perhitungan biaya langsung, tidak langsung dan *total cost* dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

Tabel 8. Hasil perhitungan biaya langsung, tidak langsung dan *total cost*

No.	Uraian Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)		Biaya Tak Langsung (Rp)		Total Cost (Rp)	
		2 Jam Lembur	4 Jam Lembur	2 Jam Lembur	4 Jam Lembur	2 Jam Lembur	4 Jam Lembur
A	**Pekerjaan Peninggian Tanggul dengan Geobox**						
1	Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	8.456.962.515	8.457.214.021	1.197.045.167	1.130.542.657	9.654.007.682	9.587.756.678,58
2	Pengadaan dan pemasangan geotextile non woven 600 gr	8.457.875.196	8.458.378.207	1.130.542.657	1.064.040.148	9.588.417.853	9.522.418.355,42
3	Pekerjaan tanah merah didatangkan jarak > 50 km dan dipadatkan	8.458.789.423	8.459.789.423	1.064.040.148	997.537.639	9.522.829.571	9.457.082.005,50
4	Pemasangan dan pembongkaran bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	8.459.702.104	8.460.708.553	997.537.639	931.035.130	9.457.239.743	9.391.743.682,34

Crashing dengan Penerapan Jam Kerja Shift pada Pekerjaan Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow:

Cost Slope/hari = Rp. 116.289.516
Durasi Normal = 19 hari
Crash Duration = 9 hari
Total Durasi Proyek = 19 hari
Tambahan Biaya
Biaya Langsung = Rp. 116.289.516 x 9 hari = Rp. 1.046.605.649
Biaya Tak Langsung (Profit + Overhead) per hari = Rp. 1.263.547.676/19 hari = Rp. 66.502.506
Biaya Tidak Langsung = Rp. 1.263.547.676 - Rp. 66.502.506 = Rp. 598.522.583
Total Cost = Rp. 1.046.605.649 + Rp. 598.522.583 = Rp. 9.170.861.935

Untuk rekapitulasi perhitungan biaya langsung, tidak langsung dan *total cost* dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

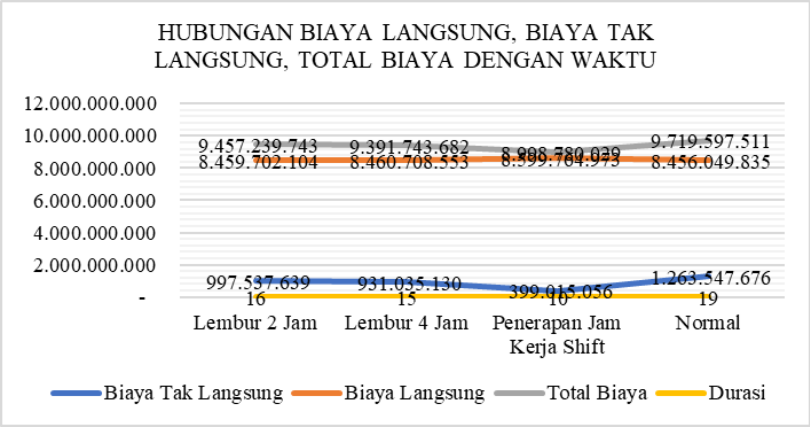
Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan biaya langsung, tidak langsung dan *total cost*

No.	Uraian Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tak Langsung (Rp)	Total Cost (Rp)
A	**Pekerjaan Peninggian Tanggul dengan Geobox**			
1	Pengadaan bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	8.572.339.352	598.522.583	9.170.861.935
2	Pengadaan dan pemasangan geotextile non woven 600 gr	8.731.445.704	532.020.074	9.263.465.778
3	Pekerjaan tanah merah didatangkan jarak > 50 km dan dipadatkan	8.773.835.680	465.517.565	9.239.353.245
4	Pemasangan dan pembongkaran bekisting multipleks 18 mm, rangka hollow	8.599.762.506	399.015.056	8.998.777.561

Vol. 14, No. 1, Oktober 2025, P-ISSN: 2356-1491, E-ISSN: 2655-8211
DOI: https://doi.org/10.33322/forummekanika.v14i1.2655

3.5. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Dalam analisis ini, waktu dan biaya saling terkait karena perubahan pada satu variabel berdampak signifikan pada variabel lainnya. Grafik di bawah ini membantu dalam memvisualisasikan bagaimana perubahan waktu penyelesaian proyek dapat mempengaruhi biaya tambahan yang diperlukan atau sebaliknya, memberikan gambaran yang jelas mengenai *trade-off* antara faktor-faktor ini dalam pengambilan keputusan manajemen proyek.



Gambar 2. Hubungan biaya langsung, tak langsung, total biaya dengan waktu

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis optimasi percepatan pada Proyek Tanggap Darurat Pelabuhan Sunda Kelapa dengan biaya Rp.9.719.597.511,28 dan waktu selama 19 hari, setelah dilakukan crashing program dengan mengaplikasikan penambahan jam kerja (lembur) selama 2 jam didapatkan waktu optimum yaitu 16 hari dengan biaya optimum Rp.9.457.239.743, penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam didapatkan waktu optimum yaitu 15 hari dengan biaya optimum Rp.9.391.743.682 dan penerpan kerja shift didapatkan waktu optimum yaitu 10 hari dengan biaya optimum Rp. 8.998.780.029.

Berdasarkan hasil analisis optimasi proyek diharapkan peneliti berikutnya dapat memperluas penyelidikan mengenai analisis Time Cost Trade Off dengan menjelajahi alternatif percepatan lain, seperti menambah jumlah tenaga kerja atau meningkatkan penggunaan peralatan, mempertimbangkan penggunaan metode lain yang memungkinkan perbandingan untuk menemukan pendekatan terbaik dalam mempercepat proyek dan menambahkan persentase efisiensi waktu dan biaya terhadap alternatif yang digunakan dalam optimasi biaya dan waktu pada proyek konstruksinya guna mendapatkan perbandingan antar alternatif 1 dengan alternatif 2.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ibu Gita Puspa Artiani, ST., MT dan Bapak Bermando M Siagian, ST., MT yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Abimanyuaji P, “Analisis Percepatan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Metode Time Cost Trade Off (Analysis on Scheduling Acceleration for Construction Project Using Time-Cost Trade-Off Method),” 2021.

[2] A. Ridwan, “Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Jam Kerja Empat Jam dan Sistem Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek

Pembangunan Gedung RSUB Malang)," *J. Apl. Pelayaran Dan Kepelabuhanan*, vol. 11, no. 1, pp. 35–53, 2020, doi: 10.30649/japk.v11i1.61.

[3] N. M. Astari, A. M. Subagyo, and K. Kusnadi, "Perencanaan Manajemen Proyek Dengan Metode Cpm (Critical Path Method) Dan Pert (Program Evaluation and Review Technique)," *Konstruksia*, vol. 13, no. 1, p. 164, 2022, doi: 10.24853/jk.13.1.164-180.

[4] R. Arvianto and F. S. Handayani, "OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU DENGAN METODE TIME COST TRADE OFF (TCTO) (Studi Kasus Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr . Moewardi Various things can happen in the execution of construction projects that could lead to increased duration," *e-Jurnal Matriks Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 69–74, 2017.

[5] A. W. Syafitri and A. Rochani, "Analisis Penyebab Banjir Rob di Kawasan Pesisir Studi Kasus: Jakarta Utara, Semarang Timur, Kabupaten Brebes, Pekalongan," *J. Kaji. Ruang*, vol. 1, no. 1, p. 16, 2022, doi: 10.30659/jkr.v1i1.19975.

[6] Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, "Pedoman Pelaksanaan Tanggap Darurat Bencana Alam Yang Berdampak Pada Jalan dan Jembatan," no. 02, 2014.

[7] Asnaini, "PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 21 TAHUN 2008 TENTANG PENYELENGGARAAN PENANGGULANGAN BENCANA DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA," vol. 23, no. 45, pp. 5–24, 2008.

[8] H. R. Pramesti and A. B. Listyawan, "Analisa Pengendalian Waktu dengan Metode Critical Path Method (CPM) pada Proyek Pembangunan Pondok Iqro', Surakarta," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, 2023, pp. 560–566.

[9] B. Kharisma and W. A. Triwardani, "Optimalisasi aksesibilitas sebagai percepatan pembangunan: Studi kasus penataan jalan di Kabupaten Pangandaran," *E-Jurnal Ekon. Dan Bisnis Univ. Udayana*, vol. 5, p. 1407, 2018.

[10] M. W. Jayantari, I. M. A. Predana, and Y. R. Wade, "Analisis Biaya Serta Percepatan Durasi Proyek Menggunakan Metode Crashing dengan Sistem Waktu Gilir Kerja dan Lembur (Studi Kasus: Puskesmas Wolowaru, Kabupaten Ende)," *Reinf. Rev. Civ. Eng. Stud. Manag.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–26, 2022.

[11] Z. R. Wardana and I. N. D. P. Putra, "Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Fast Track dan Metode Crashing Pada Proyek Pembangunan Gedung Bertingkat," *Cived*, vol. 10, no. 2, pp. 491–500, 2023.

[12] J. Ilmiah and S. Teknika, "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 Tek.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–15, 2016, [Online]. Available: https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/2233

[13] P. Ponco Prabowo, D. Denny Apriliano, and T. Mulyono, "Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Proyek Pembangunan Rumah Tinggal di Jalan Salak Kota TegalJalan Salak Kota Tegal)," *Keteknikan dan Inform.*, vol. 1, no. 3, pp. 122–132, 2023.

[14] E. Yulianti, E. Prasetyo, and G. C. Dewi, "Analisa Kinerja Biaya dan Waktu dengan Metode Earned Value Analysis pada Proyek Work For Huntap Tondo Raw Water (Sabodam Modular) di Kota Palu Sulawesi Tengah," *JIIP - J. Ilm. Ilmu Pendidik.*, vol. 7, no. 1, pp. 852–859, 2024, doi: 10.54371/jiip.v7i1.3810.

[15] M. Mar'aini and Y. R. Akbar, "Penentuan Jalur Kritis untuk Manajemen Proyek (Studi Kasus Pembangunan Jalan Selensen-Kota Baru-Bagan Jaya)," *J. Pustaka Manaj. (Pusat Akses Kaji. Manajemen)*, vol. 2, no. 1, pp. 6–13, 2022, doi: 10.55382/jurnalpustakamanajemen.v2i1.184.