



ANALISIS PERCEPATAN DURASI PENYELESAIAN PROYEK KONTRUKSI JALAN MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA DAN JUMLAH ALAT BERAT

Moh Salman Al Farasi¹, Zetta Rasullia Kamandang^{2*}

^{1,2*}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Jl. Rungkut Madya Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur 60294

Telp. (031) 870 6369

Alamat E-mail: 19035010015@student.upnjatim.ac.id

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Jan 2024
Disetujui: Feb 2024
Dipublikasikan: Des 2024

Keywords:

Acceleration Analysis; Time Cost Trade off; Road

Abstrak

Percepatan durasi penyelesaian proyek sering terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menyebabkan proyek harus selesai sebelum waktu yang ditentukan. *Metode Time Cost Trade Off* (TCTO) merupakan salah satu metode perbandingan waktu dan biaya yang digunakan untuk mempersingkat waktu pelaksanaan proyek konstruksi. Proyek jalan arteri X yang menjadi studi kasus pada penelitian ini telah menyelesaikan pekerjaan sebesar 35,45% dengan presentase keterlambatan yang harus dikejar sebesar 5,3%. Analisis percepatan pada studi kasus ini mengimplementasikan metode TCTO dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan alat berat pada pekerjaan kritis proyek untuk mendapatkan hasil yang efisien dari segi waktu dan biaya. Hasilnya, didapatkan biaya tenaga kerja normal dan durasi normal proyek terhadap sisa pekerjaan kritis adalah sebesar Rp. 802,650,747.00 dengan durasi sisa penyelesaian 89 hari. Kemudian setelah dilakukan percepatan, didapatkan penambahan jam kerja lembur sebanyak 4 jam perhari dan penambahan alat berat dengan biaya tenaga kerja sebesar Rp. 278,314,091.00 dimana hal tersebut dapat mempersingkat durasi sebesar 56 hari. Sehingga, berdasarkan hasil analisis, biaya yang diperlukan untuk percepatan proyek jalan arteri X adalah Rp. 1,080,964,838.39 dengan waktu penyelesaian 33 hari.

Kata Kunci: Analisis Percepatan; *Time Cost Trade off*; Jalan

Abstract

Acceleration of the duration of project completion often occurs because it is influenced by several factors which cause the project to be completed before the specified time. The Time Cost Trade Off (TCTO) method is a time and cost comparison method used to shorten the implementation time of construction projects. The X arterial road project which is the case study in this research has completed 35.45% of the work with a percentage of delays that must be caught up at 5.3%. The acceleration analysis in this case study implements the TCTO method with alternative work hours (overtime) and heavy equipment on critical project work to obtain efficient results in terms of time and cost. As a result, it was found that normal labor costs and normal project duration for the remaining critical work were IDR. 802,650,747.00 with a remaining settlement

duration of 89 days. Then after acceleration, we obtained an additional 4 hours of overtime work per day and additional heavy equipment with a labor cost of IDR. 278,314,091.00 which can shorten the duration by 56 days. So, based on the results of the analysis, the cost required to accelerate the X arterial road project is Rp. 1,080,964,838.39 with a completion time of 33 days.

© 2024
Universitas Abdurrah

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Rungkut Madya Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur 60294
E-mail: 19035010015@student.upnjatim.ac.id

ISSN 2527-7073

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan rangkaian mekanisme kerja yang saling berhubungan karena setiap aspek proyek konstruksi saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Saat pelaksanaan proyek konstruksi sering terjadi ketidak sesuaian antara jadwal yang direncanakan dengan realisasi di lapangan sehingga perlu dilakukan percepatan dengan cara memperingkat waktu pelaksanaan yang akan mempengaruhi waktu dan biaya perencanaan, mempersingkat waktu pelaksanaan bisa terjadi karena disebabkan keterlambatan proyek ataupun situasi yang mengharuskan proyek diselesaikan sebelum jadwal yang rencanakan dalam studi kasus penelitian ini adalah proyek jalan arteri yang telah menyelesaikan progres pekerjaan sampai dengan sekarang sebesar 35,45% dengan presentase keterlambatan sebesar 5,3% dimana proyek ini akan dipercepat durasi penyelesaiannya sebelum jadwal yang direncanakan.

Percepatan durasi proyek sering terjadi yang dipengaruhi dengan beberapa faktor yang menyebabkan proyek harus selesai sebelum waktu yang ditentukan hal ini juga akan mempengaruhi waktu dan biaya, faktor tersebut ada karena beberapa hal seperti dari pihak owner menginginkan proyek selesai lebih awal, pihak kontraktor ingin menyelesaikan lebih cepat dan juga karena ada keterlambatan proyek.

Keterlambatan proyek dibagi menjadi beberapa kelompok seperti keterlambatan yang bisa ditoleransi atau dimaafkan dan tidak dapat ditoleransi atau tidak bisa dimaafkan dimaafkan, penundaan kritis dan non kritis, dan penundaan bersama [1].

Menurut Putra [2], penyelesaian durasi proyek dapat diselesaikan sebelum waktu yang ditentukan dengan cara menambahkan sumber daya yang ada dengan perhitungan yang ekonomis dan tidak mengurangi mutu yang ada.

Metode *time cost trad off* (TCTO) merupakan metode perbandingan waktu dan biaya untuk mencapai hasil yang paling efisien, didalam analisis ini menggunakan metode TCTO dengan menerapkan dua alternatif yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah alat berat,

maka dari itu analisis TCTO harus dilakukan dengan tepat agar menghasilkan percepatan waktu pelaksanaan yang paling tepat dan mengeluarkan biaya paling minimal.

TINJAUAN PUSTAKA

Studi Kasus

Proyek ini merupakan proyek rehabilitasi dan pelebaran jalan pada jalan arteri yang saat ini telah melakukan progres pekerjaan sebesar 35.45% dan mengalami sedikit keterlambatan sebesar 5.45 %. Untuk mempercepat penyelesaian proyek terdapat data yang telah dikumpulkan berupa data anggaran rencana, kurva s rencana dan kurva s aktual. Data tersebut nantinya akan digunakan untuk dasar perhitungan dalam merencanakan percepatan durasi penyelesaian proyek dengan metode TCTO.

Proyek Kontruksi dan Manajemen Proyek

Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan pekerjaan yang dibatasi oleh biaya, waktu dan mutu, Manajemen proyek adalah penerapan ilmu konstruksi yang berupa perencanaan konstruksi, pengorganisasian pekerja[3].

Percepatan Proyek

Percepatan proyek dilakukan bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan akibat keterlambatan yang terjadi di proyek dengan menggunakan metode yang memakai alternatif – alternatif yang paling efisien terhadap waktu dan biaya yang dibutuhkan sehingga dengan adanya percepatan proyek dapat menyelesaikan pada waktu yang sudah ditentukan atau yang telah disepakati.

Menurut Khairunnisa [4] percepatan penyelesaian waktu proyek dapat dihitung dengan rumus berikut:

- a. Produktivitas pekerjaan harian

$$= \frac{\text{Vol pekerjaan harian}}{\text{Dur pekerjaan normal}} \quad (1)$$

- Produktivitas perjam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}} \quad (2)$$

- b. Produktivitas harian setelah *crash*

$$= \left(\frac{\text{jam kerja}}{\text{perhari}} \times \text{roduktivitas per jam} \right) + (a \times b \times \text{produktivitas tiap jam}) \quad (3)$$

dengan,

- a = penambahan jumlah jam kerja (lembur)
- b = penurunan produktivitas akibat penambahan jumlah jam kerja (lembur)
- c. Crash duration = produktivitas perhari setelah *crash*

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya

Analisis *TCTO* merupakan cara yang digunakan untuk percepatan proyek dan juga mengatasi keterlambata proyek [5], metode ini juga mempercepatwaktu penyelesaian durasi proyek dengan cara kompresi pekerjaan yang berada dilintasin kritis dengan harapan mendapatkan durasi proyek yang dapat diterima dengan biaya yang minimum[6].

Dengan melakukan percepatan proyek maka waktu dan biaya juga akan mengalami perubahan akibat alternatif alternatif yang digunakan dalam mempercepat pekerjaan untuk menyelesaikan lebih awal durasi proyek atau untuk mengejar keteringgalan progres akibat keterlambatan proyek [7].

Menurut Budianto [8], Ada macam macam cara yang dilakukan untuk mempercepat durasi proyek antara lain:

1. Melakukan penambahan *shift* pekerjaan
2. Penambahan terhadap jumlah jam kerja atau lembur
3. Penambahan jumlah tenaga kerja
4. Mengganti atau menambahkan alat yang lebih produktif.
5. Menggunakan SDM yang berkualitas.
6. Merencanakan metode konstruksi yang paling tepat.

Kurva S

Kurva S berisikan bobot, kegiatan, dan waktu dalam pekerjaan dari jadwal rencana sampai dengan jadwal aktual sehingga bisa dijadikan perbandingan dari rencana ke aktual yang terjadi di lapangan [9], kegunaan dari Kurva S meliputi beberapa hal seperti sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan analisis terhadap progres proyek.
2. Untuk mengetahui dan mengatur keluar masuknya anggaran yang akan digunakan dalam waktu pelaksanaan proyek.
3. Untuk mengontrol pelaksanaan pekerjaan dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual.

Alat Berat Kontruksi

Alat berat merupakan alat bantu untuk mempermudah dan mempercepat dalam pengerjaan proyek kontruksi, alat berat rata -rata

Menurut Widyo Kisworo [5], Dengan menambah alat berat makan akan mempercepat durasi penyelesaian proyek.

Perhitungan produktivitas alat berat

Waktu Siklus

Dalam menyelesaikan pekerjaan alat berat memiliki waktu dalam oprasionalnya guna menafsir nilai produktifitasnya.

Material

Material yang dibahas untuk alat berat adalah bahan yang ada pada pekerjaan proyek yang digunakan atau dipindahkan menggunakan alat berat seperti tanah, batu dan material lain-lainnya.

Efisien

Efisiensi bernilai sangat efektif terhadap waktu dan biaya pekerjaan [10].

Excavator

Menghitung Produktivitas kerja *Excavator*

$$Q = \frac{q \times k \times 3600 \times E \text{ Cm}}{cm} \quad (4)$$

Dump Truck

Produktivitas *dump truck*

- Waktu muat, dipengaruhi oleh type *dump truck*, material yang diangkut, Kapasitas muatan dan keahlian operator yang mengoprasikan alat
- Waktu berangkat, dipengaruhi oleh jarak tempuh dan kondisi medan
- Waktu pembongkaran, dipengaruhi oleh jenis material dan lokasi pembongkaran
- Waktu Kembali.

Perhitungan waktu siklus:

$$Cm = (n \times Cms) + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2.. \quad (5)$$

Perhitungan produktivitas *dump truck*:

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{cm} \quad (6)$$

Baby roller

Adalah sebuah alat yang digunakan untuk pemadatan yang memiliki rumus seperti dibawah ini.

$$CM^3 = \frac{W \times L \times S}{p} \quad (7)$$

Truck mixer

Mengitung produktivitas *truck mixer*:

Produktivitas alat:

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{cm} \quad (8)$$

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah suatu hal yang digunakan untuk mengetahui kebutuhan biaya yang digunakan dalam mengerjakan suatu pekerjaan didalam proyek konstruksi [11].

Mempercepat waktu penyelesaian proyek

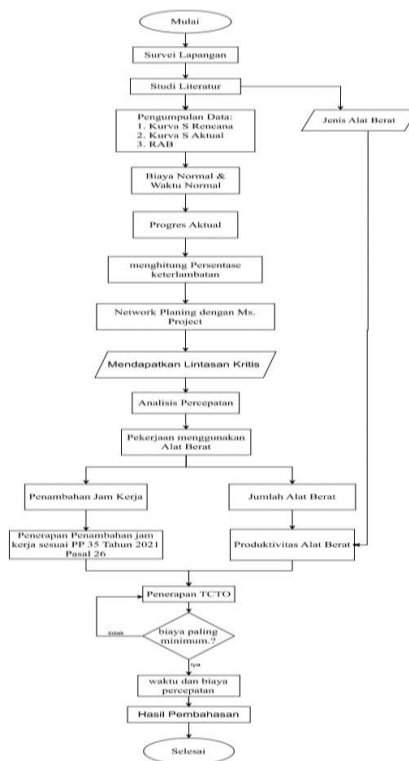
Merupakan percepatan dari waktu sebelumnya dengan melakukan analisis untuk memperoleh metode percepatan (*Crashing*).

Pelaksanaan Kerja Lembur

Jam kerja lembur merupakan pekerjaan yang terjadi akibat adanya penambahan jam kerja terhadap jam kerja yang ditetapkan. Hal hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan penambahan jam kerja lembur adalah (1) kesedian para SDM untuk melakukan pekerjaan lembur, (2) produktivitas para pekerja akan menurun, (3) menambah biaya upah sesuai dengan aturan yang berlaku.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. diagram alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Percepatan

Pekerjaan Yang Mengalami Percepatan

Dalam usaha mempercepat durasi pelaksanaan proyek perlu dilakukan *Crash duration* pada pekerjaan kritis. Menurut Wateno (2017) *Crashing duration* adalah sebuah proses yang disengaja yang dilakukan didalam pekerjaan proyek pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis. pekerjaan kritis yang menggunakan alat berat dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 1 Pekerjaan kritis menggunakan alat berat

NO.	Pekerjaan
1	Galian bias
2	Lapisan pondasi agregat kelas B
3	Beton struktur, Fc20 Mpa
4	Lapisan perekat aspal
5	Lapisan aus (AC-WC)
6	Lapisan aus (AC-BC)

Alternatif Percepatan

Dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan gabungan dari dua alternatif dalam menyelesaikan permasalahan untuk percepatan durasi proyek, alternatif yang digunakan adalah alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat.

Penambahan Jam kerja Lembur

Penambahan jam kerja (lembur) adalah alternatif yang pertama dalam penelitian ini untuk pekerjaan menggunakan alat berat.

Asumsi-asumsi yang dipakai untuk percepatan ini adalah:

1. Jam kerja normal dilakukan pada pukul 08.00–12.00 kemudian istirahat 1 jam dan dilanjutkan pada pukul 13.00 – 16.00, sehingga jam kerja efektif nya adalah 7 jam.
2. Menurut “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021” Waktu Kerja Lembur hanya dapat dilakukan paling lama 4 (empat)jam dalam (sabtu) hari dan 18 (delapan belas) jam dalam 1 (sabtuu) minggu.

3. Menurut “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021” untuk jam kerja lembur pertama sebesar 1,5 (sabtuu koma lima) kali upah sejam; dan untuk setiap jam kerja lembur berikutnya, sebesar 2 (dua) kali upah sejam.
4. Produktivitas pekerja akibat penambahan jam lembur diperhitungkan sebesar 75% dari produktivitas normal.

Penambahan Kapasitas alat

penambahan alat berat adalah alternatif kedua yang digunkana dalam penelitian ini.

Asumsi – asumsi penambahan alat berat:

1. Kofisien alat berat menggunakan data yang didapatkan dari proyek.
2. Produktivitas alat akibat penambahan jam lembur dan pengaruh pekerja diperhitungkan sebesar 75% dari produktivitas normal.

Perhitungan Produktivitas Pekerjaan

Perhitungan produktivitas normal pekerjaan

$$\text{produktivitas} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi pekerjaan}}$$

contoh perhitungan produktivitas pekerjaan galian biasa dengan volume galian 8805.83 m³ dikerjakan oleh 2 orang pekerja, 1 mandor, 1 *Excavator* dan 1 *dump truck* dengan durasi pekerjaan 126 hari dengan durasi pekerjaan normal yaitu 7 jam /hari dapat dihitung berdasarkan rumus diatas.

$$\text{produktivitas harian} = \frac{8805.83}{126} = 69.89$$

jadi produktivitas harian galian biasa sebesar 69.89 m³ / Hari, atau 9.98 m³/ Jam

Produktivitas pekerjaan lembur:

diasumsikan produktivitas alat dan pekerja sebesar 75% dari produktivitas normal selama jam kerja lembur dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\text{produktivitas galian biasa perjam} = 9.98 \text{ m}^3 \times 75\% = 7.5 \text{ m}^3$$

jadi, produktivitas galian biasa selama jam lembur adalah 7,5 m³ / jam

Penerapan produktivitas normal+ produktivitas lembur dalam sabtuu hari kerja:

Contoh perhitungan pada galian biasa yang memiliki produktivitas normal sebesar 9.98 m³ / jam dan pada jam lembur sebesar 7.5 m³ / jam

Produktivitas harian = (produktivitas normal x jumlah jam kerja) + (produktivitas lembur x jumlah jam kerja)

Produktivitas harian = $(9.98 \times 7) + (7.5 \times 4) = 99.86 \text{ m}^3 / \text{hari}$

Jadi, produktivitas normal + lembur dalam sabtu hari sebesar 99.86 m^3 .

Produktivitas Pekerjaan Normal

Produktivitas pekerjaan normal menggunakan produktivitas yang diterapkan selama proyek dimulai.

Penerapan Penambahan Jam Lembur Dan Alat Berat

Penerapan dengan menambahkan jam kerja lembur dan menambahkan kebutuhan alat berat yang akan diterapkan pada pekerjaan.

Durasi Normal Dan Biaya Normal

Durasi Normal

Durasi pekerjaan normal menggunakan produktivitas dan perencanaan yang diterapkan selama proyek dimulai berdasarkan data pada tabel 4.2 terdapat beberapa data yang ada seperti jumlah pekerja harian, alat berat, jenis pekerjaan, volume pekerjaan dan durasi pekerjaan, dengan adanya data diatas dapat dilakukan pengolahan ulang data.

Biaya Normal

Biaya pekerjaan sesuai dengan RAB perencanaan yang diterapkan selama proyek dimulai sampai dengan sekarang contoh tabel biaya normal proyek dapat dilihat pada tabel 4.3, Biaya normal proyek diketahui sebesar Rp.802.650.747.09 sebelum dilakukan penambahan akibat terjadinya percepatan.

Tabel 2 Contoh tabel durasi normal proyek

No	Item pekerjaan	Pekerja	Alat Berat	Produktivitas /Jam	Sisa Volume	Durasi pekerjaan /hari		Produktivitas /Hari	
						jam normal	jam lembur	volume	Durasi selesai
1	Galian Biasa	pekerja 2	Excavator 1	9.98 m ³	3881.95	7	0	69.89	56
	Galian Saluran	mandor 1	Dump Truck 2	2.71 m ³	948.60	7	0	18.97	50

Tabel 3 Contoh tabel biaya normal proyek

No.	Item pekerjaan	Upah pekerja			Sewa Alat berat		
		Jlm	Upah jam normal	Upah jam lembur	Jlm	Upah jam normal	Upah jam lembur

	Galian Biasa	pekerja	2	161,000.00		Excavator	1	1,806,000.00	
	Galian Saluran	mandor	1	99,400.00		Dump Truck	2	2,072,000.00	
	Sub Total			260,400.00	0.00	Subtotal		3,878,000.00	0.00
1	Total			260,400.00		Total		3,878,000.00	
	Total Upah pekerja + Alat berat (A)					RP 4,138,400.00			
	Durasi selesai (B)					56			
	Biaya Total (A X B)					Rp 229,869,985.61			

Durasi dan Biaya Setelah ditambah Jam Lembur Dan Alat Berat

Durasi Percepatan

Durasi percepatan didapatkan setelah dilakukan penambahan jam kerja dan penambahan alat berat, tabel 4 merupakan contoh tabel durasi percepatan sehingga didapatkan pengurangan durasi sebanyak 56 hari dengan durasi total untuk percepatan proyek berubah dari 89 hari menjadi 33 hari dengan menambah 4 jam lembur dalam satu hari dan menambah alat berat *Excavator* 1menjadi 3, *Dump truck* 2 menjadi 6, *Vibrator Roller* 1 menjadi 3.

Biaya Percepatan

Biaya percepatan didapatkan akibat pengaruh penambahan jam kerja dan juga penambahan alat berat pada proyek sehingga didapatkan durasi proyek pada tabel 4.5. setelah melakukan penambahan jam kerja dan penambahan alat berat maka didapatkan tambahan biaya sebesar Rp. 278.314.090.70.

Tabel 4 Contoh tabel durasi percepatan proyek

No	Item pekerjaan	Pekerja	Alat Berat	Produktivitas /Jam	Sisa Volume	Durasi pekerjaan /hari		Produktivitas /Hari	
						jam normal	jam lembur	volume	Durasi selesai
1	Galian Biasa	pekerja 6	Excavator 3	29.952 m3	3881.95	7	4	299.52	13
	Galian Saluran	mandor 3	Dump Truck 6	8.130 m3	948.60	7	4	18.97	12

Tabel 5 Contoh tabel biaya percepatan proyek

No.	Item pekerjaan	Upah pekerja			Sewa Alat berat		
		Orang	Upah jam normal	Upah jam lembur	Alat	Upah jam normal	Upah jam lembur
	Galian Biasa	Pekerja 6	483,000.00	431,250.00	Excavator 3	5,418,000.00	5,031,000.00
	Galian Saluran	Mandor 3	298,200.00	276,900.00	Dump Truck 6	6,216,000.00	5,550,000.00
	Sub Total		781,200.00	708,150.00	Subtotal	11,634,000.00	10,581,000.00
1	Total		1,489,350.00		Total	22,215,000.00	
	Total Upah pekerja + Alat berat (A)				RP 23,704,350.00		
	Durasi selesai (B)				13		
	Biaya Total (A X B)				Rp 307,223,646.45		

SIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap penelitian untuk tugas akhir ini dapat didapatkan hasil yang disimpulkan sebagai berikut:

1. Biaya tenaga kerja pada pekerjaan kritis untuk percepatan durasi penyelesaian proyek setelah melakukan penambahan jam kerja (lembur) dan jumlah alat berat mengalami penambahan biaya sebesar Rp. 278.314.090.70 sehingga merubah kebutuhan biaya dari Rp. 802.650.747,69 menjadi Rp. 1.080.964.838,00.
2. Penambahan jam kerja (lembur) sebanyak 4 jam/hari dengan durasi percepatan percepatan 33 hari.
3. Jumlah alat berat yang digunakan dalam percepatan proyek *Excavator* 1 menjadi 3, *Dump truck* 2 menjadi 6, *Vibrator Roller* 1 menjadi 3

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. R. Kamandang and C. B. Casita, "Delays in Construction Project : A Review," *IPTEK J. Proc. Ser.*, vol. 0, no. 6, 2018, doi: 10.12962/j23546026.y2018i6.4631.
- [2] Y. Putra and S. Hartati, "Optimalisasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Least Cost Analysis Pada Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai," *J. Saintis*, vol. Vol. 17 No, no. April, pp. 100–112, 2017.
- [3] Kemayotin, "Implementasi IT Project Management Pembuatan Sistem Informasi Senat Mahasiswa

- (Studi kasus: Fakultas Farmasi Universitas Pancasila),” *Seinasi ...*, pp. 86–93, 2018, [Online]. Available: <https://conference.upnvj.ac.id/index.php/seinasikesi/article/viewFile/43/49>
- [4] N. Khairunnisa, “Analisis Pengendalian Biaya dan Waktu Terhadap Proyek Konstruksi Dengan Metode Earned Value (Studi Kasus: Proyek Perumahan Penajam Paser Utara),” *J. Teknol. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 9–19, 2020.
- [5] R. Widyo Kisworo, “Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat,” *e-Jurnal Matriks Tek. Sipil*, no. September 2017, p. 766, 2017.
- [6] T. E. Saragi, “Optimasi Waktu Dan Biaya Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja Dan Jam Kerja (Lembur) (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang),” *Constr. J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 53–69, 2022, [Online]. Available: <http://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/6146>
- [7] I. Hendriyani, “Optimasi Waktu dan Biaya pada Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan Bina Bakti Kelurahan Gunung Seteleng Kabupaten Penajam Paser Utara dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO),” *J. Ilm. Tek. Sipil TRANSUKMA*, vol. 3, no. 1, pp. 65–76, 2020, doi: 10.36277/transukma.v3i1.72.
- [8] E. A. Budianto, “Analisis Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Gudang Amunisi,” *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 3, p. 305, 2021, doi: 10.12962/j2579-891x.v19i3.9146.
- [9] I. dan L. Wideasanti, *manajemen kontruksi*, 1st ed. bandung: PT F5MA"IA ROSDAI(ARYA, 2013.
- [10] N. Setiswati, “ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN PABRIK KRAKATAU POSCO ZONE IV DI CILEGON Dwi,” pp. 91–103, 2013.
- [11] W. I. Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Revisi. andi, 2005. [Online]. Available: http://katalog.kemdikbud.go.id/index.php?p=show_detail&id=91316
- [12] U. Wateno, priyoto, “ANALISIS WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE CRASH DURATION PADA KETERLAMBATAN PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SEI HANYU KABUPATEN KAPUAS Wateno,” vol. 6, no. 1, pp. 8–22, 2017.