



Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode *Crashing* (Studi Kasus: Perkerasan Jalan Ruas Jalan Talimetan-Wehae Kabupaten Malaka)

Jacqualyne A. A. Lusi ^{(1)*}, Lodia S. Amnifu ⁽²⁾, Kusa B. N. Nope ⁽³⁾

⁽¹⁻³⁾ Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

⁽²⁾ Program Studi Teknik Perancangan Irigasi dan Penanganan Pantai, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

*E-mail: magangjacqualyne@gmail.com

Abstract

Delays in construction projects often occur due to weather conditions, limited material availability, and inefficient resource management, leading to increased costs and reduced time efficiency. This study aims to analyze the application of the crashing method as a project acceleration strategy in the road pavement project of Talimetan–Wehae, Malaka Regency. The data were obtained from the Budget Plan (RAB), project schedule, and field observations. The analysis was conducted by calculating the crash duration, crash cost, and cost slope using two alternatives: additional overtime hours and additional labor. The results show that the crashing method is effective in reducing project duration without significantly increasing costs. The alternative of adding 25% more workers reduced the project duration to 36 days, achieving a time efficiency of 75.34% and a cost reduction of 0.71% compared to normal conditions. In contrast, adding four hours of overtime shortened the project duration by 72.6% but increased the total cost by 1.3%. Therefore, increasing the number of workers is considered the most optimal strategy as it achieves a better balance between time and cost. The findings of this study are expected to serve as a practical reference for project implementers in applying efficient acceleration methods to road construction projects.

Keywords: Cost, Crashing Method, Project Acceleration, Project Duration, Road Pavement

Abstrak

Keterlambatan proyek konstruksi sering terjadi akibat kendala cuaca, ketersediaan material, dan manajemen sumber daya, yang berdampak pada meningkatnya biaya dan terhambatnya manfaat sosial ekonomi. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan metode *crashing* sebagai strategi percepatan proyek perkerasan Jalan Talimetan–Wehae di Kabupaten Malaka. Metode *crashing* dilakukan dengan dua alternatif, yaitu penambahan jam lembur dan penambahan jumlah tenaga kerja pada aktivitas-aktivitas kritis menggunakan data Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan jadwal proyek. Analisis dilakukan dengan menghitung *crash duration*, *crash cost*, serta *cost slope* untuk menentukan skenario percepatan paling efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *crashing* efektif mempercepat durasi proyek tanpa peningkatan biaya yang signifikan. Penambahan tenaga kerja sebesar 25% menghasilkan percepatan durasi proyek hingga 75% dengan efisiensi biaya sekitar 0,71% dibanding kondisi normal. Sebaliknya, penambahan jam lembur empat jam hanya memberikan percepatan 72,6% dengan kenaikan biaya 1,3%. Dengan demikian, strategi penambahan tenaga kerja dinilai lebih optimal dalam menjaga keseimbangan antara waktu dan biaya proyek. Hasil ini diharapkan menjadi acuan bagi pelaksana proyek dalam menerapkan metode percepatan yang efisien pada proyek konstruksi serupa.

Kata-kunci: Biaya, Durasi Proyek, Metode Crashing, Percepatan Proyek, Perkerasan Jalan

Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi, pemerataan pembangunan, serta peningkatan konektivitas antarwilayah. Di Kabupaten Malaka, Nusa Tenggara Timur, peningkatan kualitas jalan masih menjadi prioritas utama pemerintah daerah, terutama pada ruas-ruas jalan strategis seperti Ruas Jalan Talimetan-Wehae. Jalan ini menghubungkan Kabupaten TTU dan Malaka sehingga memiliki peran vital dalam mendukung aktivitas masyarakat, arus perekonomian, serta akses menuju pusat-pusat layanan publik.

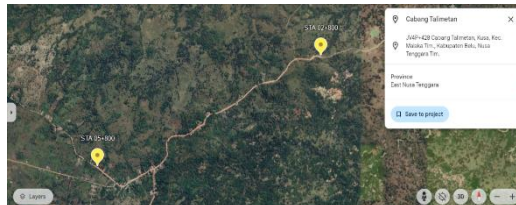
Dalam pelaksanaan proyek perkerasan jalan, kerap ditemui kendala dalam hal keterlambatan penyelesaian akibat faktor cuaca, ketersediaan material, manajemen sumber daya, dan kondisi lapangan lainnya. Keterlambatan proyek tidak hanya berdampak pada pembengkakan biaya, tetapi juga menghambat manfaat sosial dan ekonomi yang seharusnya sudah bisa dirasakan masyarakat. Jika tidak segera ditangani, keterlambatan ini berisiko memperburuk efisiensi pelaksanaan proyek secara keseluruhan dan menurunkan tingkat kepercayaan terhadap pelaksana proyek.

Temuan mutakhir pada bidang infrastruktur jalan memperkuat urgensi penelitian ini. Kualitas layanan jalan nasional dipengaruhi oleh kondisi jalan, bangunan pelengkap, perlengkapan jalan, pemanfaatan ruang milik jalan, drainase, dan ketepatan pemeliharaan (Susanti, 2026); pentingnya evaluasi kapasitas drainase jalan untuk mengantisipasi genangan (Sitorus, 2026). Dengan demikian, percepatan proyek perkerasan Talimetan-Wehae perlu dilihat tidak hanya sebagai efisiensi jadwal, tetapi juga sebagai upaya menjaga keberfungsian layanan jalan dan prasarana pendukungnya.

Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan manajemen proyek yang dapat mempercepat waktu penyelesaian tanpa mengorbankan kualitas pekerjaan secara signifikan. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah metode *crashing*, yaitu teknik percepatan waktu proyek dengan menambahkan sumber daya pada aktivitas-aktivitas kritis agar durasi proyek dapat dipersingkat secara optimal. Metode ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis analisis biaya dan waktu tambahan yang diperlukan untuk mengejar ketertinggalan jadwal atau mempercepat penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Melalui penelitian ini, akan dilakukan kajian penerapan metode *crashing* pada proyek perkerasan jalan Talimetan-Wehae, dengan tujuan untuk memberikan strategi percepatan yang paling optimal dari segi biaya

dan waktu berdasarkan metode *crashing* yang mempertimbangkan produktivitas tenaga kerja dan alat berat. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi solusi optimal dalam perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan jalan pada Segmen 2 Ruas Jalan Talimetan-Wehae. Kajian ini tidak hanya memberikan gambaran teknis dan ekonomis, tetapi juga menjadi dasar pengambilan



keputusan yang lebih rasional dan efisien bagi pihak

Gambar 1. Lokasi Penelitian

pelaksana proyek dan instansi terkait dalam manajemen proyek konstruksi di wilayah Kabupaten Malaka.

Metode

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada Ruas Jl. Talimetan - Wehae Kabupaten Malaka dan merupakan proyek lanjutan dari tahun 2023. Tepatnya pada Segmen 2 (STA 02+800 sampai STA 05+800).

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan teknik dokumentasi, yaitu proses pengumpulan data dari arsip (Dokumen), karena dokumen merupakan sumber data berupa bahasa tertulis, foto atau dokumen elektronik. Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh pada saat magang dan data sekunder yang diperoleh dari kontraktor. Data primer berupa waktu pasokan material. Sedangkan, data sekunder berupa dokumen kontrak yang terdiri atas dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan dokumen Jadwal Pekerjaan

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif untuk menggambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta serta hubungan antara fenomena yang diteliti. Dalam pelaksanaan penelitian ada beberapa langkah, sebagai berikut:

1. Membuat *Work Breakdown Structure*
2. Memasukkan RAB
3. Membuat *Predecessor*
4. Menentukan Lintasan Kritis

5. Analisis Percepatan Waktu dengan Metode *Crashing*, yakni: penambahan jam lembur dan tenaga kerja
6. Analisis Implikasi Biaya Akibat *Crashing*

Hasil dan Pembahasan

Lintasan Kritis

Pembuatan lintasan kritis dibuat dengan dekomposisi ruang lingkup pekerjaan berbasis *Work Breakdown Structure* (WBS) menggunakan *tools Ms. Project*. Berikut merupakan Daftar Kegiatan Kritis dari hasil pengolahan pada *MS. Project*, Daftar Volume Kegiatan Kritis dari Dokumen RAB, Upah Normal Pekerja/jam dari Dokumen Harga Dasar Satuan Upah dan Jumlah Pekerja Kegiatan Kritis dari Dokumen AHSP:

Tabel 1. Daftar Kegiatan Kritis

Item Pekerjaan	Durasi Normal (hari)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	34
Galian Biasa	52
Penyiapan badan Jalan	24
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	35
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	46
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	35
Laston Lapis Aus (AC-WC)	35
Bahan anti pengelupasan	35
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	23
Baja Tulangan Polos BJTP 280	26
Pasangan Batu	54
Marka Jalan Termoplastik	12

Tabel 2. Daftar Volume Pekerjaan Kegiatan Kritis

Item Pekerjaan	Volume (m ³)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	1.111,62
Galian Biasa	1.562
Penyiapan badan Jalan	5.675
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	3.025
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	598
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	15.125
Laston Lapis Aus (AC-WC)	1.701
Bahan anti pengelupasan	207
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	14
Baja Tulangan Polos BJTP 280	1.441
Pasangan Batu	303
Marka Jalan Termoplastik	1.000

Tabel 3. Harga Dasar Satuan Upah

No.	Uraian	Satuan	Harga Yg Digunakan (Rp.)
1	Pekerja	Jam	13.747,74
2	Tukang	Jam	16.640,11
3	Mandor	Jam	20.721,33
4	Operator	Jam	19.932,30
5	Pembantu Operator	Jam	13.439,37
6	Sopir / Driver	Jam	19.932,30
7	Pembantu Sopir / Driver	Jam	13.439,37
8	Mekanik	Jam	19.932,30
9	Pembantu Mekanik	Jam	19.932,30
10	Kepala Tukang	Jam	19.084,12
11	Tenaga Ahli Muda S1 (1 Tahun)	Jam	120.717,97
12	Tenaga Ahli Muda S1 (5 Tahun)	Jam	154.646,73
13	Cad / Cam Operator	Jam	64.352,44
14	Software Programmer /Implementer	Jam	76.938,92
15	Hardware Technician	Jam	64.352,44
16	Facilitator	Jam	64.352,44
17	Senior Assistant Professional Staff	Jam	76.938,92
18	Assistant Professional Staff	Jam	74.476,35
19	Special Technician / Inspector	Jam	74.476,35
20	Technician	Jam	64.352,44
21	Inspector	Jam	64.352,44
22	Surveyor	Jam	60.795,40

Crashing

a. Alternatif Penambahan Jam Lembur

Penambahan jam kerja (lembur) dilakukan setelah jam kerja normal berakhir. Alternatif ini dapat dilakukan dengan cara menambah jam kerja setiap harinya, tanpa menambah jumlah tenaga kerja. Kerja lembur memiliki tingkat bahaya dan pekerjaan akan sangat berat. Oleh karena ini, kerja lembur harus mendapatkan tambahan lebih besar dari upah kerja normal (Nardiansyah & Intansari, 2022)

Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 4 jam/hari di luar istirahat mingguan atau hari libur resmi.

1. Penambahan 1 Jam Lembur

Contoh Perhitungan pada item pekerjaan Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air, sebagai berikut:

Tabel 4. Perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope* 1 Jam Lembur

Perhitungan	Rumus	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air
Volume	Tabel 2	1.111,62 m ³
Durasi	Tabel 1	34 hari
Upah Normal Pekerja /jam	Pkrj Tkg Mnd r	Rp. 13.747,74 Rp. 0,00 Rp. 20.721,33
Upah Normal Pekerja /hari	Pkrj Tkg Mnd r	Rp. 96.234,18 Rp. 0,00 Rp. 145.049,32
Upah Total/ hari	Pkrj Tkg Mnd r	Rp. 384.936,74 Rp. 0,00 Rp. 145.049,32
Total	Upah Total/hari pekerja + Upah Total/hari tukang + Upah Total/hari mandor	Rp. 529.986,06
Normal Cost	Total x Durasi Normal	Rp. 18.019.526,13
Produktivitas Harian	Volume Durasi Normal	32,69 m ³ /hari
Produktivitas/ jam	Produktivitas Harian Jam Kerja perhari	4,67 m ³ /jam
Produktivitas Crash	(Jam Kerja perhari x Produktivitas tiap jam) + (Jam Kerja Lembur x Koef. Prestasi Lembur x Produktivitas tiap jam)	36,90 m ³
Crash Duration	Volume Produktivitas Crash	30 hari
Upah Lembur 1 Jam	Pkrj Tkg Mnd r	Rp. 20.621,61 Rp. 0,00 Rp. 31.082,00
Biaya Lembur Total	Pkrj Tkg	Rp. 116.855,80 Rp. 0,00

Perhitungan	Rumus	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air
Mnd r		Rp. 176.131,32
Upah Lembur Pekerja /hari	Pkrj Tkg Mnd r	Rp. 467.423,18 Rp. 0,00 Rp. 176.131,32
Jumlah Upah Lembur	Upah Lembur Pekerja/hari + Upah Lembur Tukang/hari + Upah Lembur Mandor/hari	Rp. 643.554,50
Crash Cost	Jumlah Upah Lembur/hari x Durasi Percepatan	Rp. 19.306.635,14
Cost Slope	(Crash Cost-NormalCost) / (Normal Duration-Crash Duration)	Rp. 321.777,25

Dengan perhitungan yang sama pada Tabel 4, berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan ke-12 item pekerjaan.

Tabel 5. Rekapitulasi *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope* Perhitungan 1 Jam Lembur

Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	30 hari	19.306.635,14	321.777,25
Galian Biasa	46 hari	18.852.774,04	216.975,66
Penyiapan badan Jalan	21 hari	8.606.701,19	168.758,85
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	31 hari	34.440.308,28	604.502,56
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	41 hari	45.550.085,14	692.727,26
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	31 hari	12.705.130,33	223.002,76
Laston Lapis Aus (AC-WC)	31 hari	41.685.367,59	731.669,17
Bahan anti pengelupasan Beton	31 hari	0,00	0,00
Struktur fc'= 20 MPa	20 hari	119.955.220,45	2.116.856,83
Baja Tulangan Polos BJTP 280	23 hari	21.873.496,63	503.482,02
Pasangan Batu	48 hari	78.123.417,56	957.394,82
Marka Jalan Termoplastik	11 hari	14.791.582,05	1.502.888,02

2. Penambahan 2 Jam Lembur

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope* 2 Jam Lembur

Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	28 hari	22.259.414,63	706.648,08
Galian Biasa	42 hari	21.263.614,71	371.269,46
Penyiapan badan Jalan	20 hari	10.125.530,82	506.276,54
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	28 hari	38.426.757,62	914.922,80
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	37 hari	50.778.215,43	965.751,84
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	28 hari	14.175.743,14	337.517,69
Laston Lapis Aus (AC-WC)	28 hari	46.510.429,11	1.107.391,17
Bahan anti pengelupasan	28 hari	0,00	0,00
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	19 hari	140.770.979,29	6.791.582,33
Baja Tulangan Polos BJTP 280	21 hari	24.670.618,96	861.513,68
Pasangan Batu	44 hari	88.463.281,65	1.608.423,30
Marka Jalan Termoplastik	10 hari	16.610.867,54	1.661.086,75

3. Penambahan 3 Jam Lembur

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope* 3 Jam Lembur

Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	26 hari	24.606.495,77	823.371,20
Galian Biasa	40 hari	24.108.406,70	546.457,22
Penyiapan badan Jalan	18 hari	10.848.783,02	458.059,73
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	27 hari	44.112.349,31	1.511.256,41
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	35 hari	57.182.675,03	1.372.384,20
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	27 hari	16.273.174,52	557.506,90
Laston Lapis Aus (AC-WC)	27 hari	53.392.074,24	1.829.172,91

Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
Bahan anti pengelupasan	27 hari	0,00	0,00
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	18 hari	158.764.262,36	9.031.922,48
Baja Tulangan Polos BJTP 280	20 hari	27.971.223,31	1.268.028,79
Pasangan Batu	42 hari	100.526.456,42	2.345.617,32
Marka Jalan Termoplastik	9 hari	17.797.358,08	1.502.888,02

4. Penambahan 4 Jam Lembur

Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope* 4 Jam Lembur

Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	25 hari	27.445.706,82	1.047.353,41
Galian Biasa	39 hari	27.266.607,98	747.360,61
Penyiapan badan Jalan	18 hari	12.584.588,30	747.360,61
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	26 hari	49.275.127,97	1.916.981,11
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	34 hari	64.436.705,81	1.862.521,42
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	26 hari	18.177.738,65	707.179,93
Laston Lapis Aus (AC-WC)	26 hari	59.640.924,41	2.320.248,16
Bahan anti pengelupasan	26 hari	0,00	0,00
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	17 hari	173.935.069,65	10.055.069,95
Baja Tulangan Polos BJTP 280	19 hari	30.824.288,09	1.494.462,50
Pasangan Batu	40 hari	111.057.799,48	2.762.767,92
Marka Jalan Termoplastik	9 hari	20.644.935,37	2.452.080,45

b. Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Pada alternatif penambahan jumlah tenaga kerja dilakukan dengan menambah jumlah tenaga kerja pada setiap pekerjaan. Namun, dalam penambahan tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup luas, karena

penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja lain untuk aktivitas yang lain dan sedang berjalan pada saat yang sama (Djau et al., 2021). Alternatif penambahan tenaga kerja dihitung menggunakan penambahan 25% tenaga kerja dan 50% tenaga kerja dengan daftar jumlah pekerja, sebagai berikut:

Tabel 9. Daftar Jumlah Pekerja Normal, Penambahan 25% dan Penambahan 50% Kegiatan Kritis

Item Pekerjaan	Tnga	Normal (orang)	25% (orang)	50% (orang)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	Pkrja	4	5	6
	Mndr	1	1	2
Galian Biasa	Pkrja	2	3	3
	Mndr	1	1	2
Penyiapan badan Jalan	Pkrja	2	3	3
	Mndr	1	1	2
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	Pkrja	8	10	12
	Mndr	1	1	2
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	Pkrja	8	10	12
	Mndr	1	1	2
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	Pkrja	2	3	3
	Mndr	1	1	2
Laston Lapis Aus (AC-WC)	Pkrja	10	13	15
	Mndr	1	1	2
Bahan anti pengelupasan	Pkrja	0	0	0
	Mndr	0	0	0
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	Pkrja	12	15	18
	Tkg	30	38	45
	Mndr	2	3	3
Baja Tulangan Polos BJTP 280	Pkrja	3	4	5
	Tkg	3	4	5
	Mndr	1	1	2
Pasangan Batu	Pkrja	10	13	15
	Tkg	2	3	3
	Mndr	1	1	2
Marka Jalan Termoplastik	Pkrja	10	13	15
	Mndr	1	1	2

1. Penambahan 25% Tenaga Kerja

Contoh perhitungan pada item pekerjaan Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air, sebagai berikut:

Tabel 10. Perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope* Penambahan 25% Tenaga Kerja

Perhitungan <i>Crashing</i>	Rumus	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air
Normal Cost	Total Upah Normal x Durasi Normal	Rp. 18.019.526,13
Volume	Tabel 2	1.111,62 m ³
Durasi	Tabel 1	34 hari
Jumlah Pekerja Normal	Tabel 4	5 orang
Jumlah Pekerja Crashing	(Jumlah Pekerja Normal x 25%) + Jumlah Pekerja Normal	6 orang
Produktivitas normal/hari	$\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$	32,69458512 m ³ /hari
Produktivitas pekerja/hari	$\frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jumlah Pekerja Normal}}$	6,538917024 m ³ /orang/hari
Produktivitas <i>crash</i>	$\frac{\text{Produktivitas pekerja/hari x Jumlah Pekerja Crashing}}{\text{Crash duration}}$	40,8682314 m ³ /hari
<i>Crash duration</i>	$\frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Crash}}$	27 hari
Upah normal pekerja/hari	Pkrj	Rp. 96.234,18
	Tkg	Rp. 0,00
	Mndr	Rp. 145.049,32
Total Upah Normal Pekerja/hari	Upah Total/hari pekerja + Upah Total/hari tukang + Upah Total/hari mandor	Rp. 241.283,51
Jumlah Pekerja Crashing	Pkrj	5 orang
	Tkg	0 orang
	Mndr	1 orang
Upah penambahan jumlah pekerja /hari	Pkrj	Rp. 481.170,92
	Tkg	Rp. 0,00
	Mndr	Rp. 145.049,32
Total Upah Penambahan jumlah pekerja/hari	Upah Total Penambahan pekerja /hari + Upah Total Penambahan Tukang /hari + Upah Total Penambahan Mandor/hari	Rp. 626.220,25
<i>Crash Cost</i>	Jumlah Upah Lembur/hari x Durasi Percepatan	Rp. 16.907.946,67
<i>Cost Slope</i>	$\frac{(\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost})}{(\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration})}$	-Rp158.797,07

Dengan perhitungan yang sama pada Tabel 10, berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan ke-12 item pekerjaan.

Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope* Penambahan 25% Tenaga Kerja

Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	27 hari	16.907.946,67	-158.797,07
Galian Biasa	42 hari	16.196.661,01	-135.425,91
Penyiapan badan Jalan	19 hari	7.327.060,94	-154.672,74
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	28 hari	31.006.952,74	-145.049,32
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	37 hari	40.973.473,27	-123.663,95
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	28 hari	10.797.774,01	-145.049,32
Laston Lapis Aus (AC-WC)	28 hari	37.743.345,65	-145.049,32
Bahan anti pengelupasan	0 hari	0,00	0,00
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	18 hari	111.134.983,65	-493.933,26
Baja Tulangan Polos BJTP 280	21 hari	19.797.340,18	-113.142,08
Pasangan Batu	43 hari	72.043.960,44	-30.462,56
Marka Jalan Termoplastik	10 hari	13.479.766,31	95.536,14

2. Penambahan 50% Tenaga Kerja

Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope* Penambahan 50% Tenaga Kerja

Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	21 hari	18.217.578,89	15.234,83
Galian Biasa	31 hari	17.942.837,30	18.662,72
Penyiapan badan Jalan	14 hari	8.103.216,85	279,22
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	23 hari	33.232.903,85	100.883,82
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	30 hari	43.347.265,90	78.801,07
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	21 hari	12.154.825,27	24.407,57
Laston Lapis Aus (AC-WC)	23 hari	39.873.062,58	92.864,30

Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
Bahan anti pengelupasan	0 hari	0,00	0,00
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	15 hari	111.134.983,65	-308.708,29
Baja Tulangan Polos BJTP 280	15 hari	20.305.102,94	- 5.267,97
Pasangan Batu	35 hari	72.906.882,68	27.780,74
Marka Jalan Termoplastik	8 hari	13.868.891,33	145.049,32

Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Durasi Normal = 146 Hari

Biaya Normal = Rp. 9.988.931.300,00

Biaya Langsung = 85% x Rp. 9.988.931.300,00

= Rp. 8.490.591.605,00

Biaya Tidak Langsung = 15% x Rp. 9.988.931.300,00

=Rp1.498.339.695,00

a. Alternatif Penambahan Jam Lembur

1. Penambahan 1 Jam

Contoh perhitungan pada item pekerjaan Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air, sebagai berikut:

Tabel 13. Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung 1 Jam Lembur

Biaya Crashing	Rumus	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air
Bobot Pekerjaan(%)	RAB	0,504120035
Per Item Pekerjaan	Biaya Langsung Bobot Pekerjaan x Biaya Langsung	Rp. 42.802.773,36
	Biaya Tidak Langsung Bobot Pekerjaan x Biaya Tidak Langsung	Rp. 7.553.430,59
Total Crash Duration	Normal Duration – Crash Duration	4 hari
Total Durasi Proyek	Durasi Proyek – Total Crash Duration	142 hari
Cost Slope	Tabel di atas	Rp. 321.777,25
Biaya Langsung	Biaya Langsung Normal + Cost Slope	Rp. 44.089.882,18
Biaya Tidak Langsung	(Biaya Tidak Langsung Normal / Durasi	Rp. 7.346.487,26

Biaya <i>Crashing</i>	Rumus	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air
	Normal) x Durasi Baru	
Total Cost	Biaya Langsung + Biaya Tidak Langsung	Rp. 51.436.369,44

Dengan perhitungan yang sama pada Tabel 13, berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan ke-12 item pekerjaan.

Tabel 14. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung 1 Jam Lembur

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	44.089.882,18	7.346.487,26	51.436.369,44
Galian Biasa	44.452.106,53	7.301.815,50	51.753.922,03
Penyiapan badan Jalan	14.495.159,75	2.417.901,25	16.913.061,00
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	2.061.475,023,47	353.407,851,58	2.414.882.875,05
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	372.743,587,62	62.935,301,93	435.678.889,55
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	358.295,759,51	61.343,270,28	419.639.029,79
Laston Lapis Aus (AC-WC)	3.604.828,178,91	618.215,165,17	4.223.043.344,08
Bahan anti pengelupasan	16.926.390,48	2.905.174,19	19.831.564,67
Beton Struktur fc'=20 MPa	32.582.930,38	4.534.118,61	37.117.048,99
Baja Tulangan Polos BJTP 280	29.926.966,65	4.911.638,73	34.838.605,39
Pasangan Batu	215.261,293,70	35.454,112,97	250.715.406,67
Marka Jalan Termoplastik	204.397,890,43	35.559,760,70	239.957.651,13

2. Penambahan 2 Jam

Tabel 15. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung 2 Jam Lembur

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	47.042.661,67	7.243.015,61	54.285.677,28

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Galian Biasa	46.862.947,20	7.093.192,20	53.956.139,40
Penyiapan badan Jalan	16.013.989,37	2.400.992,85	18.414.982,22
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	2.065.461,472,82	345.941,488,52	2.411.402.961,34
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	377.971,717,91	61.149,903,30	439.121.621,20
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	359.766,372,32	60.047,285,70	419.813.658,02
Laston Lapis Aus (AC-WC)	3.609.653,240,43	605.154,281,40	4.214.807.521,84
Bahan anti pengelupasan	16.926.390,48	2.843.797,27	19.770.187,75
Beton Struktur fc'=20 MPa	53.398.689,22	4.502.411,49	57.901.100,71
Baja Tulangan Polos BJTP 280	32.724.088,98	4.842.944,48	37.567.033,47
Pasangan Batu	225.601,157,79	34.441,138,32	260.042.296,10
Marka Jalan Termoplastik	206.217,175,92	35.314,520,97	241.531.696,89

3. Penambahan 3 Jam

Tabel 16. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung 3 Jam Lembur

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	49.389.742,81	7.139,543,95	56.529.286,76
Galian Biasa	49.707,739,19	6.988,880,55	56.696.619,74
Penyiapan badan Jalan	16.737,241,57	2.367,176,05	19.104.417,62
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	2.071,147,064,50	343,452,700,83	2.414.599.765,34
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	384,376,177,51	60,257,203,98	444.633.381,49
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	361,863,803,70	59,615,290,84	421.479.094,54
Laston Lapis Aus (AC-WC)	3.616,534,885,56	600,800,653,48	4.217.335.539,04

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Bahan anti pengelupasan	16.926.390,48	2.823.338,30	19.749.728,78
Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	71.391.972,29	4.470.704,36	75.862.676,66
Baja Tulangan Polos BJTP 280	36.024.693,33	4.808.597,36	40.833.290,69
Pasangan Batu	237.664.332,56	33.934.650,99	271.598.983,55
Marka Jalan Termoplastik	207.403.666,46	35.069.281,24	242.472.947,70

4. Penambahan 4 Jam

Tabel 17. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung 4 Jam Lembur

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	52.228.953,86	7.087.808,13	59.316.761,99
Galian Biasa	52.865.940,46	6.936.724,73	59.802.665,19
Penyiapan badan Jalan Lapis Pondasi Agregat Kelas A	18.473.046,86	2.367.176,05	20.840.222,90
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	2.076.309,843,16	340.963,913,15	2.417.273.756,31
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	391.630,208,28	59.810.854,32	451.441.062,60
Laston Lapis Aus (AC-WC)	363.768,367,83	59.183.295,98	422.951.663,81
Bahan anti pengelupasan Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	3.622.783,735,73	596.447,025,55	4.219.230.761,28
Baja Tulangan Polos BJTP 280	16.926.390,48	2.802.879,33	19.729.269,81
Pasangan Batu	86.562.779,58	4.438.997,24	91.001.776,82
Marka Jalan Termoplastik	38.877.758,11	4.774.250,24	43.652.008,35
	248.195,675,61	33.428.163,66	281.623.839,27
	210.251,243,75	35.069.281,24	245.320.524,99

b. Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

1. Penambahan 25% Tenaga Kerja

Contoh perhitungan pada item pekerjaan Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air, sebagai berikut:

Tabel 18. Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Penambahan 25% Tenaga Kerja

Biaya Crashing	Rumus	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air
Bobot Pekerjaan(%)	RAB	0,504120035
Per Item Pekerjaan	Biaya Langsung Bobot Pekerjaan x Biaya Langsung	Rp. 42.802.773,36
	Biaya Tidak Langsung Bobot Pekerjaan x Biaya Tidak Langsung	Rp. 7.553.430,59
Total Crash Duration	Normal Duration – Crash Duration	7 hari
Total Durasi Proyek	Durasi Proyek – Total Crash Duration	139 hari
Cost Slope	Tabel di atas	-Rp. 158.797,07
Biaya Langsung	Biaya Langsung Normal + Cost Slope	Rp. 41.691.193,71
Biaya Tidak Langsung	(Biaya Tidak Langsung Normal / Durasi Normal) x Durasi Baru	Rp. 7.191.279,78
Total Cost	Biaya Langsung + Biaya Tidak Langsung	Rp. 48.882.473,49

Dengan perhitungan yang sama pada Tabel 18, berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan ke-12 item pekerjaan.

Tabel 19. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Penambahan 25% Tenaga Kerja

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	41.691.193,71	7.191.279,78	48.882.473,49
Galian Biasa	41.795.993,50	7.093.192,20	48.889.185,70
Penyiapan badan Jalan Lapis Pondasi Agregat Kelas A	13.215.519,49	2.384.084,45	15.599.603,94
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	2.058.041,67,94	345.941,488,52	2.403.983.156,46
	368.166,975,75	61.149.903,30	429.316.879,04

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	356.388.403,19	60.047.285,70	416.435.688,89
Laston Lapis Aus (AC-WC)	3.600.886.156,97	605.154.281,40	4.206.040.438,38
Bahan anti pengelupasan Beton	16.926.390,48	2.270.946,02	19.197.336,50
Struktur fc'=20 MPa	23.762.693,58	4.470.704,36	28.233.397,95
Baja Tulangan Polos BJTP 280	27.850.810,20	4.842.944,48	32.693.754,69
Pasangan Batu	209.181.836,57	34.187.894,65	243.369.731,22
Marka Jalan Termoplastik	203.086.074,69	35.314.520,97	238.400.595,65

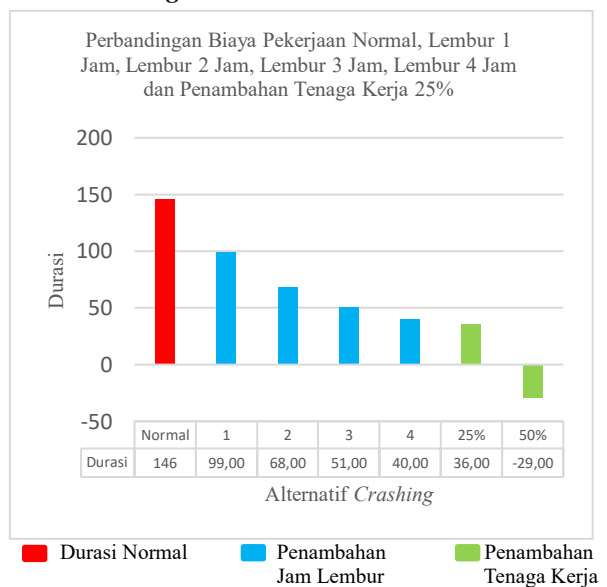
Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Marka Jalan Termoplastik	203.475.199,71	34.824.041,51	238.299.241,22

2. Penambahan 50% Tenaga Kerja

Tabel 20. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Penambahan 50% Tenaga Kerja

Item Pekerjaan	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Tambahan Biaya (Rp)
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	43.000.825,93	6.880.864,83	49.881.690,75
Galian Biasa	43.542.169,78	6.519.478,13	50.061.647,91
Penyiapan badan Jalan	13.991.675,40	2.299.542,45	Rp16.291.217,85
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	2.060.267.619,05	333.497.550,09	2.393.765.169,13
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	370.540.768,37	58.025.455,68	428.566.224,06
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/ Emulsi	357.745.454,44	57.023.321,67	414.768.776,12
Laston Lapis Aus (AC-WC)	3.603.015.873,90	583.386.141,8	4.186.402.015,68
Bahan anti pengelupasan Beton	16.926.390,48	2.270.946,02	19.197.336,50
Struktur fc'=20 MPa	23.762.693,58	4.375.582,99	28.138.276,58
Baja Tulangan Polos BJTP 280	28.358.572,97	4.636.861,74	32.995.434,71
Pasangan Batu	210.044.758,82	32.161.945,34	242.206.704,16

Perbandingan Durasi dan Biaya Hasil Crashing





Proyek perkerasan jalan Talimetan–Wehae, memiliki durasi normal selama 146 hari. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa alternatif percepatan waktu (*crashing*) melalui penambahan jam lembur dan tenaga kerja:

1. Alternatif penambahan jam lembur:
 - a. Penambahan 1 jam lembur menghasilkan efisiensi durasi sebesar 32,19%, dengan durasi proyek menjadi 99 hari.
 - b. Penambahan 2 jam lembur menghasilkan efisiensi sebesar 53,42%, dengan durasi proyek menjadi 68 hari.
 - c. Penambahan 3 jam lembur menghasilkan efisiensi sebesar 65,07%, dengan durasi proyek menjadi 51 hari.
 - d. Penambahan 4 jam lembur menghasilkan efisiensi tertinggi pada metode ini, yaitu 72,6%, dengan durasi proyek menjadi 40 hari.
2. Alternatif penambahan tenaga kerja:
 - a. Penambahan 25% tenaga kerja (dari 118 menjadi 148 orang) memberikan efisiensi durasi sebesar 75,34%, dengan total durasi proyek menjadi 36 hari.
 - b. Penambahan 50% tenaga kerja (dari 118 menjadi 177 orang) justru tidak efektif, karena menghasilkan durasi proyek yang melebihi durasi normal, dengan efisiensi sebesar 119%, sehingga alternatif ini tidak layak digunakan.

■ Biaya Normal ■ Penambahan Jam Lembur ■ Penambahan Tenaga Kerja

Gambar 3. Perbandingan Biaya Hasil *Crashing* (Penulis.2025)

Proyek perkerasan jalan Talimetan–Wehae memiliki biaya normal sebesar Rp. 9.988.931.300. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa alternatif percepatan waktu (*crashing*) melalui penambahan jam lembur dan tenaga kerja:

1. Alternatif penambahan jam lembur:
 - a. 1 jam lembur menyebabkan penurunan biaya sebesar 0,06%, dengan total biaya proyek menjadi Rp. 9.982.890.400.
 - b. 2 jam lembur menyebabkan kenaikan biaya sebesar 0,27%, dengan total biaya proyek menjadi Rp. 10.015.697.700.
 - c. 3 jam lembur menyebabkan kenaikan biaya sebesar 0,79%, dengan total biaya proyek menjadi Rp. 10.067.978.300.
 - d. 4 jam lembur menyebabkan kenaikan biaya sebesar 1,3 %, dengan total biaya proyek menjadi Rp. 10.119.266.900.
2. Alternatif penambahan tenaga kerja:
 - a. Penambahan 25% tenaga kerja (dari 118 menjadi 148 orang) justru menurunkan biaya sebesar 0,71%, dengan total biaya proyek menjadi Rp. 9.918.124.800.
 - b. Penambahan 50% tenaga kerja (dari 118 menjadi 177 orang) menurunkan biaya lebih lanjut sebesar 1,01%, dengan total biaya proyek menjadi Rp. 9.887.656.300.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penerapan metode *crashing* terbukti efektif dalam mempercepat durasi pelaksanaan proyek perkerasan Jalan Talimetan–Wehae. Percepatan dilakukan pada aktivitas-aktivitas kritis sehingga durasi total proyek dapat dipangkas secara signifikan tanpa menimbulkan kenaikan biaya yang besar. Kenaikan biaya langsung akibat percepatan masih dapat dikompensasi oleh penurunan biaya tidak langsung karena waktu pelaksanaan yang lebih singkat.
2. Berdasarkan analisis, skenario percepatan yang paling optimal dicapai melalui penambahan tenaga kerja dibandingkan penambahan jam lembur. Penambahan tenaga kerja mampu mempersingkat durasi proyek hingga sekitar 75% dengan efisiensi biaya yang lebih baik.
3. Metode *crashing* memberikan dampak nyata terhadap kinerja manajemen proyek, baik dari sisi biaya maupun waktu, salah satunya terbukti melalui skenario penambahan tenaga kerja 25% (durasi awal 146 hari, biaya Rp 9,98 miliar) yang mampu mempercepat proyek hingga 36 hari dengan efisiensi biaya sebesar 0,71%.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dari analisis percepatan proyek, berikut adalah saran-saran yang dapat diberikan:

1. Kontraktor dan instansi terkait disarankan menerapkan metode *crashing* sebagai strategi percepatan proyek, karena terbukti mampu menekan durasi sekaligus menjaga efisiensi biaya tanpa mengorbankan kualitas pekerjaan.
2. Dalam merencanakan percepatan proyek, penambahan tenaga kerja sebaiknya diprioritaskan dibandingkan penambahan jam lembur, karena lebih efektif menghasilkan keseimbangan optimal antara biaya dan waktu, terutama pada proyek dengan skala dan kompleksitas serupa.
3. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengevaluasi kemungkinan penggabungan antara penambahan tenaga kerja dan jam lembur agar diperoleh alternatif percepatan yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap dinamika proyek di lapangan.

Daftar Pustaka

- Arianie, G. P., & Puspitasari, N. B. (2017). Perencanaan Manajemen Proyek Dalam Meningkatkan Efisiensi Dan Efektifitas Sumber Daya Perusahaan (Studi Kasus : Qiscus Pte Ltd). *J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 12(3), 189. <https://doi.org/10.14710/jati.12.3.189-196>
- Danie Hayam Mada Chamsudi et al. (2022) 'Anggaran, Ketepatan Waktu dan Pelaksanaan Proyek Terhadap Kinerja Proyek Pembangunan Tol Kunciran-Batuceper-Cengkareng', *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik*, 2(1), pp. 14–20. Available at: <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jstl>.
- Deshariyanto, D. (2013) 'Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Di Dinas Pu. Bina Marga Kabupaten Sumenep', *Jurnal Ilmiah MITSU*, 1(2), pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.24929/ft.v1i2.59>.
- Dika, D., Suhariyanto. And Sasongko, R. (2020) 'Perencanaan Biaya Dan Jadwal Pembangunan Proyek Tol Pandaan – Malang Sta. 30+626 – 38+488', *Jurnal JOS-MRK*, 1(September), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2020.01.02.1-7>.
- Dimiyati, D. H., & Nurjaman, K. (2014). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Pustaka Setia
- Dipohusudo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1*. Yogyakarta: Kanisius
- Dipohusudo, I. (1999). *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 2*. Yogyakarta: Kanisius
- Ervianto, W. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi*. Yogyakarta: Andi
- Handoko, H. (2000). *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi Edisi I*. Yogyakarta : BPFE
- Hardina, N. (2022) 'The Manajemen Rantai Pasok Material Terhadap Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Jalan', *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 3(1), pp. 49–59. Available at: <https://doi.org/10.55616/jitu.v3i1.210>.
- Harjanto, Eddy. (2003). *Manajemen Produksi dan Operasi Edisi Terbaru*. Jakarta: Grasindo
- Ibrahim, H., Bachtar. (1993). *Rencana dan Estimate Real of Coast*. Jakarta : Bumi Aksara
- Irfanto, R., Tjoanda, W., Lidyawati, R., & Tenggara, K. M. (2024). Analisis Penambahan Biaya Percepatan Pada Proyek K. 13(2), 219–232.
- Maddeppungeng, A., Asyiah, S. And Toha, M. (2022) 'Analisis Pengaruh Pengendalian Material dan Alat Berat Terhadap Kinerja Waktu Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Serang – Panimbang Tahap 1)', *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), p. 230. Available at: <https://doi.org/10.36055/fondasi.v11i2.17100>.
- Magdalena Irianto, S., & Biu, A. (2016). Evaluasi kinerja biaya dan waktu dengan metode nilai hasil (earned value) (studi kasus : pembangunan gedung balai wilayah sungai papua). 5(2), 10–17.
- Manik, E., & Melinta, M. (2017). Sistem Informasi Bank Data Proyek Dinas Pekerjaan Umum Kota Binjai. *Jurnal Informatika Kaputama (JIK)*, 1(2), 87–94. <https://doi.org/10.59697/jik.v1i2.445>
- Mufardis, B., Oktaviani, C.Z. and Buraida, B. (2021) 'Proporsi Biaya Sumber Daya Manusia, Material Dan Alat Pada Proyek Konstruksi Jalan', *Journal of The Civil Engineering Student*, 3(2), pp. 127–133. Available at: <https://doi.org/10.24815/journalces.v3i2.13973>.
- Mukomuko, J. (1985). *Dasar-dasar Rencana Anggaran Biaya (RAB)*. Jakarta: Gaya Media Pratama
- Nur, N. K., Mahyuddin, Bachtar, E., Tumpu, M., Mukrim, M. I., Irianto, Kadir, Y., Arifin, T. S. P., Ahmad, N. S., Halim, H., & Syukuriah. (2021). *Perancangan Perkerasan Jalan*. In

- Nuevos sistemas de comunicación e información.
<https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=6x83EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=bachtiar&ots=FqTul4BZZf&sig=AkcPj78TamCvObV8PD8vBZuzaKM>
- Pattipeilohy, J., Sapulette, W., & Lewaherilla, N. M. . (2019). Perencanaan Lentur Pada Ruas Jalan Desa Waisarisa-Kaibobu. *Jurnal Manumata*, volume 5(2), 56–64.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (2016) 'LAMPIRAN Nomor : 28/PRT/M/2016 Tentang Analisis Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum', pp. 1–883.
- Rajab, A., Sulha, S., & Fitriah, F. (2023). Analisis Perbandingan Penggunaan Quarry Abeli Dan Quarry Simbo Berdasarkan Waktu Dan Biaya (Studi Kasus : Proyek Pembuatan Jalan Inspeksi Bandar Udara Haluololo). *Media Konstruksi*, 8(2), 95.
<https://doi.org/10.33772/jmk.v8i2.32659>
- Salas, B. S. S. S., Sari, D. P., Sudibyo, A., & Nur, A. R. (2023). Optimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Jalan dengan Metode Crash Program (Studi Kasus: Pemeliharaan Jalan Kecamatan Tenggarong Seberang dan Tenggarong. *Rekayasa Sipil*, 17(1), 47–53.
<https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.01.7>
- Simanjuntak, M., & Manurung, E. (2023). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Batam: Yayasan Cendikia Mulia Mandiri
- Siswanto, A., Salim, M. (2019). *Manajemen Proyek*. (n.p.): CV. Pilar Nusantara.
<https://books.google.co.id/books?id=UXYqEAAAQBAJ>
- Sitorus, G., Tallo, A. J., & Antjak, A. L. (2026). Analisis Pemodelan Banjir dan Evaluasi Kapasitas Drainase di Jalan Terusan Timor Raya, Kelurahan Oesapa, Kota Kupang. *Sipilar*, 1(1), 1–9.
- Soeharto, I.(1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jakarta : Erlangga
- Sutanti, D. P., Nope, K. B. N., & Tallo, A. J. (2026). Implementasi Importance Performance Analysis (IPA) dalam mengevaluasi kualitas pelayanan infrastruktur ruas jalan nasional di Kota Kupang. *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, 13(1), 16–29.
<https://doi.org/10.47668/edusaintek.v13i1.2217>
- Wijanarko, Bambang (2020) Analisis Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pelebaran Perkerasan Jalan (Studi Kasus: di Jalan Jurusan Bojonegoro-Pajeng Bts. Kab. Nganjuk Link 144, Km. Bojonegoro 6+000 – 10+000 di Kabupaten Bojonegoro). Masters thesis, Untag 1945 Surabaya.
<https://wira.co.id/time-schedule/>. [diakses pada 14 Maret 2025]