



Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode *Time Cost Trade Off* pada Pekerjaan Pipa Jaringan Distribusi Utama Dagen – Plesungan (Studi Kasus: Proyek Spam Wosusokas Segmen 4)

Dyah Ratih Kusumastuti, Ary Setyawan, Setiono

Universitas Sebelas Maret

Abstrak: Keberhasilan suatu proyek konstruksi ditentukan oleh mutu, biaya dan juga durasi proyek. Perhitungan yang salah pada salah satu aspek tersebut dapat menyebabkan kerugian. Maka, diperlukan pengendalian proyek yang tepat supaya proyek dapat berjalan dengan lancar dan tepat waktu. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan dilakukannya optimasi waktu dan biaya atau yang disebut *crashing*. Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi waktu dan biaya proyek dengan metode *Time Cost Trade Off* dengan bantuan aplikasi Primavera P6. Skenario yang digunakan ada 6, yaitu penambahan jam kerja (lembur) 1 jam kerja hingga 4 jam kerja dan penambahan tenaga kerja 1 pekerja hingga 2 pekerja. Hasil optimasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pada skenario 1 (penambahan 1 jam kerja) adalah 390 hari dengan biaya Rp71.651.956.512,45 dan lebih cepat 31 hari dari durasi normal 421 hari dan penurunan biaya dari biaya normal senilai Rp 71.840.063.197,01, pada skenario 2 (penambahan 2 jam kerja) adalah 363 hari dengan biaya Rp71.499.850.238,61, pada skenario 3 (penambahan 3 jam kerja) adalah 340 hari dengan biaya Rp71.370.287.273,16, pada skenario 4 (penambahan 4 jam kerja) adalah 324 hari dengan biaya Rp71.287.367.745,46, pada skenario 5 (penambahan 1 pekerja) adalah 339 hari dengan biaya Rp71.327.806.536,75, serta pada skenario 6 (penambahan 2 pekerja) adalah 311 hari dengan biaya Rp71.120.938.849,58. Skenario yang paling efisien yaitu dengan menggunakan skenario 6 yaitu penambahan tenaga kerja sebanyak dua pekerja karena mengurahi durasi keseluruhan sebesar 110 hari dengan penurunan biaya sebesar Rp719.124.347,42.

Kata kunci: Optimasi, Biaya, Percepatan, *Time Cost Trade Off*, Waktu

DOI:

<https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i3.2769>

*Correspondence: Dyah Ratih

Kusumastuti

Email: dyahratih076@gmail.com

Received: 01-05-2024

Accepted: 15-06-2024

Published: 30-07-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The success of a construction project is determined by the quality, cost and duration of the project. Wrong calculations in one of these aspects can cause disadvantage. Therefore, proper project control is needed so that the project can run smoothly and on time. One solution to overcome this problem is by doing time and cost optimization or what is called *crashing*. In this research, project time and cost optimization will be carried out using the *Time Cost Trade Off* method with the help of the Primavera P6 application. There are 6 scenarios used, that is increasing working hours from 1 to 4 working hours and increasing labor from 1 worker to 2 workers. The results of the optimization carried out in this research, in scenario 1 (addition of 1 working hour) is 390 days at a cost of Rp. 71,651,956,512.45 and 31 days faster than the normal duration of 421 days and a reduction in costs from the normal cost of Rp. 71,840,063,197.01, in scenario 2 (addition of 2 working hours) it is 363 days at a cost of Rp. 71,499,850,238.61, in scenario 3 (addition of 3 working hours) it is 340 days at a cost of Rp. 71,370,287,273.16, in scenario 4 (addition of 4 working hours) is 324 days with a cost of Rp. 71,287,367,745.46, in scenario 5 (addition of 1 worker) it is 339 days with a cost of Rp. 71,327,806,536.75, and in scenario 6 (addition of 2 workers) it is 311 days at a cost of Rp. 71,120,938,849.58. The most efficient scenario is scenario 6 because because it reduces the overall duration by 110 days with a cost reduction of total Rp 719,124,347.42.

Keywords: Optimization, cost, *crashing*, time cost trade off, duration

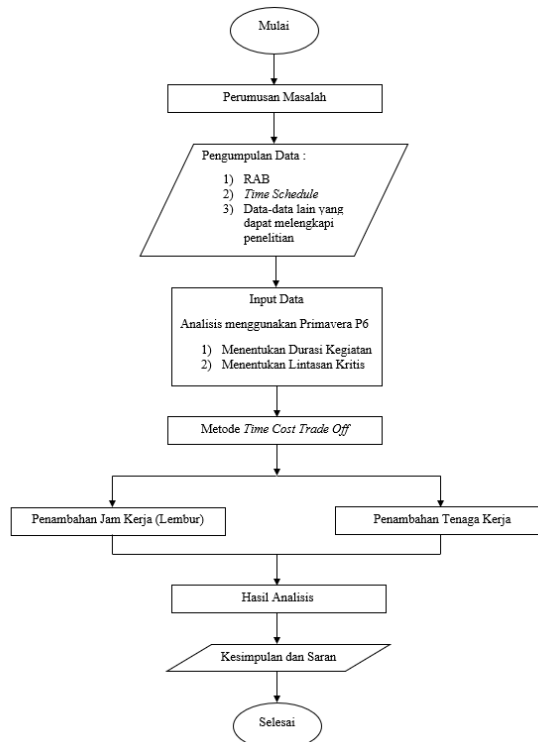
Pendahuluan

Penjadwalan merupakan faktor penting dalam pembangunan proyek karena berkaitan dengan aspek waktu dalam manajemen proyek. Sedangkan tidak jarang pada suatu proyek pembangunan, penjadwalan yang semestinya dijadwalkan selesai pada suatu periode tertentu terpaksa mengalami keterlambatan karena berbagai penyebab baik dari sumber daya alam berupa material, sumber daya manusia berupa tenaga kerja, maupun faktor yang tidak bisa diprediksi seperti perubahan cuaca. Hal tersebut akan sangat merugikan tidak hanya dari segi owner, tapi juga kontraktor dan konsultan pengawas. Banyak kerugian yang ditimbulkan apabila keterlambatan terjadi. Selain waktu pelaksanaan proyek yang selesai lebih lambat dari yang direncanakan, anggaran proyek juga akan semakin membengkak, kualitas pekerjaan dapat terjadi penurunan, terjadinya perselisihan, dan juga pelanggaran kontrak sehingga dapat berujung di jalur hukum. Tentunya bagi setiap pihak yang terlibat dalam suatu proyek pembangunan ingin menghindari hal ini sehingga pihak proyek harus diwajibkan untuk merencanakan penjadwalan dengan hati-hati supaya keterlambatan proyek tidak terjadi. Salah satu upaya untuk menghindari terjadinya hal ini yaitu dengan dilakukannya percepatan proyek.

Metode analisis yang dapat digunakan untuk melakukan percepatan proyek yaitu metode *Time Cost Trade Off*. Percepatan metode ini digunakan untuk mencari berapa biaya dan durasi proyek yang paling efisien. Metode ini dapat dilakukan dengan berbagai alternatif seperti menambah jumlah tenaga kerja, menggunakan *shift* pekerjaan, dan menambah jumlah alat ataupun jam kerja yang berarti lembur. Dalam penelitian ini akan ada beberapa skenario berupa penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

Metode

Penelitian ini menerapkan metode *Time Cost Trade Off* untuk menentukan biaya dan waktu yang paling optimum dan efisien setelah dilakukan percepatan serta membandingkan dengan sebelum dilakukan percepatan. Berikut merupakan diagram alir penelitian metode *Time Cost Trade Off* dengan aplikasi Primavera P6.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Mempercepat waktu penyelesaian proyek merupakan usaha dalam membuat proyek selesai lebih cepat. Pada penelitian kali ini percepatan dilakukan dengan 2 metode yaitu penambahan jam kerja terdiri dari 4 skenario (penambahan 1-4 jam lembur) dan penambahan tenaga kerja (penambahan 1-2 tenaga kerja).

Skenario Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Pekerjaan 1 m³ *Mechanical Excavation*

Untuk perhitungan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan 1 jam kerja/lembur pada kegiatan yang terdapat pada jalur kritis yaitu :

- Waktu kerja normal : 8 jam/hari
- Jumlah penambahan jam kerja lembur : 1 jam/hari
- Produktivitas kerja lembur : 75%

Berikut merupakan contoh perhitungan durasi dan biaya akibat *crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur) 1 jam kerja :

Data Pekerjaan

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| a. Volume Pekerjaan | = 17,28 m ³ |
| b. Normal Duration | = 30 hari |
| c. Upah Satuan Mandor | = Rp 111.000,00 |
| d. Upah Satuan Pekerja | = Rp 91.000,00 |
| e. Upah Satuan Operator | = Rp 101.000,00 |

Koefisien Tenaga Kerja

- | | |
|------------|---------|
| f. Mandor | = 0,018 |
| g. Pekerja | = 0,408 |

h. Operator	= 0,075	
i. Normal Cost		
Harga Satuan Tenaga Kerja (Koefisien Tenaga Kerja × Upah Satuan)		
Mandor (f × c)	= 0,018 × Rp 111.000,00	= Rp 1.998,00
Pekerja (g × d)	= 0,408 × Rp 91.000,00	=Rp 37.128,00
Operator (e × h)	= 0,075 × Rp 101.000,00	=Rp7.575,00 +
Jumlah		Rp 46.701,00
j. Normal Cost (Harga Satuan × Volume Pekerjaan)		
Normal Cost (i × a)	= Rp 46.701,00 × 17,28	= Rp 806.993,28
Produktivitas Harian (Volume Pekerjaan ÷ Normal Duration)		
k. Produktivitas Harian (a ÷ b)	= 17,28 ÷ 30	= 0,576
Produktivitas per Jam (Produktivitas Harian ÷ Jam Kerja per Hari)		
l. Produktivitas per Jam (k ÷ 8)	= 0,576 ÷ 8	= 0,072
Produktivitas Crash (Prod. per Jam × Faktor pengurangan produktivitas × Penambahan Jam Lembur)		
m. Prod. Crash (l × 0,75 × 1)	= 0,072 × 0,75 × 1	= 0,054
Produktivitas Crash Harian (Produktivitas Harian + Produktivitas Crash)		
n. Prod. Crash Harian (k + m)	= 0,576 + 0,054	= 0,63
Crash Duration (Volume Pekerjaan ÷ Produktivitas Crash Harian)		
o. Crash Duration (a ÷ n)	= 17,28 ÷ 0,63	= ~28 hari
Volume Pekerjaan Lembur (Produktivitas per Jam × Crash Duration)		
p. Vol. Pek. Lembur (l × o)	= 0,072 × 28	= 2,016
q. Indeks Tenaga Kerja Crash (Vol. Pekerjaan Lembur × Koef. Tenaga Kerja)		
Indeks Mandor (p × f)	= 2,016 × 0,018	= 0,0363 OH
Indeks Pekerja (p × g)	= 2,016 × 0,4080	= 0,8225 OH
Indeks Operator (p × h)	= 2,016 × 0,075	= 0,1512 OH
Upah Normal per Jam (Produktivitas per Jam × Harga Satuan)		
r. Upah Normal per Jam (l × i)	= 0,072 × Rp 46.701,00	= Rp 3.362,47
Upah Lembur per Jam (1,5 × Upah Normal per Jam)		
s. Upah Lembur per Jam (1,5 × r)	= 1,5 × Rp 3.362,47	= Rp 5.043,71
Total Upah Lembur (Upah Lembur per Jam × Crash Duration)		
t. Total Upah Lembur (s × o)	= Rp 5.043,71 × 28)	= Rp 141.223,82
Crash Cost (Normal Cost + Total Upah Lembur)		
u. Crash Cost (j + t)	= Rp 806.993,28 + Rp 141.223,82	
	= Rp 948.217,10	
Cost Slope ((Crash Cost-Normal Cost)/(Normal Duration-Crash Duration))		
v. Cost Slope ((y-j)/(b-o))	= (Rp 948.217,10-Rp 806.993,28)/(30-28)	
	= Rp 70.611,91	

Berikut rekapitulasi perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope* pada lintasan kritis dengan penambahan jam lembur dari satu jam hingga empat jam kerja.

Tabel 1. Rekapitulasi *Crash Duration, Crash Cost, dan Cost Slope* Skenario 1 Penambahan Jam Lembur 1 Jam Kerja

Kode Analisis	Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
A1010	HDPE Pipe, PN 12.5 ND 710 mm; including excavation, gravel filling, site delivery and pipe washing 2 times using clean water and testing	192	241.080.000,00	1.960.000,00
A1030	Bend 22.5° HDPE DN 710 mm	147	588.339,02	6.650,54
A1040	Bend 45° HDPE DN 710 mm	147	1.568.904,04	17.734,77
A1050	Bend 90° HDPE DN 710 mm	147	784.452,02	8.867,39
A1060	Steel flange GIP DN 600 mm (include nut & bolt and rubber packing t = 5 mm)	147	2.941.695,08	33.252,70
A1070	Stub flange HDPE dia. 710 mm (stub end + flange)	147	392.226,01	4.433,69
A1090	Gate valve DN 200 mm (Wash Out)	147	980.565,03	11.084,23
A1100	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	147	980.565,03	11.084,23
A1120	Mechanical Excavation include dumping	28	948.217,10	70.611,91
A1130	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	28	625.420,09	46.573,84
A1140	Air valve DN 200 mm	147	1.568.904,04	17.734,77
A1150	Gate valve DN 200 mm	147	1.568.904,04	17.734,77
A1160	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	147	1.568.904,04	17.734,77
A1180	Mechanical Excavation include dumping	147	1.513.726,26	17.111,05
A1190	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	147	706.163,60	7.982,42

Tabel 2. Rekapitulasi *Crash Duration, Crash Cost, dan Cost Slope* Skenario 2 Penambahan Jam Lembur 2 Jam Kerja

Kode Analisis	Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
A1010	HDPE Pipe, PN 12.5 ND 710 mm; including excavation, gravel filling, site delivery and pipe washing 2 times using clean water and testing	177	281.688.750,00	2.299.659,09
A1030	Bend 22.5° HDPE DN 710 mm	135	687.147,04	7.410,60
A1040	Bend 45° HDPE DN 710 mm	135	1.832.392,09	19.761,60
A1050	Bend 90° HDPE DN 710 mm	135	916.196,05	9.880,80
A1060	Steel flange GIP DN 600 mm (include nut & bolt and rubber packing t = 5 mm)	135	3.435.735,18	37.053,01
A1070	Stub flange HDPE dia. 710 mm (stub end + flange)	135	458.098,02	4.940,40
A1090	Gate valve DN 200 mm (Wash Out)	135	1.145.245,06	12.351,00
A1100	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	135	980.565,03	12.351,00
A1120	Mechanical Excavation include dumping	26	1.112.978,23	76.496,24
A1130	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	26	734.092,38	50.454,99
A1140	Air valve DN 200 mm	135	1.832.392,09	19.761,60
A1150	Gate valve DN 200 mm	135	1.832.392,09	19.761,60
A1160	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	135	1.832.392,09	19.761,60
A1180	Mechanical Excavation include dumping	135	1.767.947,53	19.066,60
A1190	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	135	824.759,55	8.894,70

Tabel 3. Rekapitulasi *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope* Skenario 3 Penambahan Jam Lembur 3 Jam Kerja

Kode Analisis	Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
A1010	HDPE Pipe, PN 12.5 ND 710 mm; including excavation, gravel filling, site delivery and pipe washing 2 times using clean water and testing	164	316.295.000,00	2.402.065,22
A1030	Bend 22.5° HDPE DN 710 mm	125	771.447,53	7.701,87
A1040	Bend 45° HDPE DN 710 mm	125	2.057.193,41	20.538,33
A1050	Bend 90° HDPE DN 710 mm	125	1.028.596,70	10.269,16
A1060	Steel flange GIP DN 600 mm (include nut & bolt and rubber packing t = 5 mm)	125	3.857.237,64	38.509,36
A1070	Stub flange HDPE dia. 710 mm (stub end + flange)	125	514.298,35	5.134,58
A1090	Gate valve DN 200 mm (Wash Out)	125	1.285.745,88	12.836,45
A1100	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	125	1.285.745,88	12.836,45
A1120	Mechanical Excavation include dumping	24	1.250.839,58	73.974,38
A1130	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	24	825.022,25	48.791,64
A1140	Air valve DN 200 mm	125	2.057.193,41	20.538,33
A1150	Gate valve DN 200 mm	125	2.057.193,41	20.538,33
A1160	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	125	2.057.193,41	20.538,33
A1180	Mechanical Excavation include dumping	125	1.984.842,67	19.816,00
A1190	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	125	925.942,61	9.244,30

Tabel 4. Rekapitulasi *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope* Skenario 4 Penambahan Jam Lembur 4 Jam Kerja

Kode Analisa	Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
A1010	HDPE Pipe, PN 12.5 ND 710 mm; including excavation, gravel filling, site delivery and pipe washing 2 times using clean water and testing	153	346.368.750,00	2.466.118,42
A1030	Bend 22.5° HDPE DN 710 mm	117	845.945,64	8.001,48
A1040	Bend 45° HDPE DN 710 mm	117	2.255.855,03	21.337,28
A1050	Bend 90° HDPE DN 710 mm	117	1.127.927,52	10.668,64
A1060	Steel flange GIP DN 600 mm (include nut & bolt and rubber packing t = 5 mm)	117	4.229.728,18	40.007,40
A1070	Stub flange HDPE dia. 710 mm (stub end + flange)	117	563.963,76	5.334,32
A1090	Gate valve DN 200 mm (Wash Out)	117	1.409.909,39	13.335,80
A1100	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	117	1.409.909,39	13.335,80
A1120	Mechanical Excavation include dumping	22	1.361.801,16	69.350,99
A1130	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	22	898.209,71	45.742,16
A1140	Air valve DN 200 mm	117	2.255.855,03	21.337,28
A1150	Gate valve DN 200 mm	117	2.255.855,03	21.337,28
A1160	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	117	2.255.855,03	21.337,28
A1180	Mechanical Excavation include dumping	117	2.176.517,44	20.586,86
A1190	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	117	1.015.360,19	9.603,91

Skenario Penambahan Tenaga Kerja

Berikut merupakan contoh perhitungan durasi dan biaya dengan penambahan tenaga kerja 1 pekerja :

Pekerjaan 1 m³ *Mechanical Excavation*

Data Pekerjaan

a. Volume Pekerjaan	= 17,28 m ³
b. Normal Duration	= 30 hari
c. Upah Satuan Mandor	= Rp 111.000,00
d. Upah Satuan Pekerja	= Rp 91.000,00
e. Upah Satuan Operator	= Rp 101.000,00

Koefisien Tenaga Kerja

f. Mandor	= 0,0180
g. Pekerja	= 0,4080
h. Operator	= 0,0750

Indeks Tenaga Kerja Harian ((Volume Pekerjaan × Koef. Tenaga Kerja)/(Normal Duration))

i. Mandor ((a×f)/b)	= ((17,28×0,0180)/30)	= 0,0104 OH
j. Pekerja ((a×g)/b)	= ((17,28×0,4080)/30)	= 0,2350 OH
k. Operator ((a×h)/b)	= ((17,28×0,0750)/30)	= 0,0432 OH

Normal Cost

l. Harga Satuan (Koef. Tenaga Kerja × Upah Satuan)

Mandor (f × c)	= 0,0180 × Rp 111.000,00	= Rp 1.998,00
Pekerja (g × d)	= 0,4080 × Rp 91.000,00	= Rp 37.128,00
Operator (h × e)	= 0,0750 × Rp 101.000,00	= Rp 7.575,00+
Jumlah		Rp 46.701,00

Normal Cost (Harga Satuan × Volume Pekerjaan)

m. Normal Cost (l × a)	= Rp 46.701,00 × 17,28	= Rp 806.993,28
------------------------	------------------------	-----------------

Crash Duration ((Volume Pekerjaan×Koef. Tenaga Kerja)/(Indeks Tenaga Kerja+1))

n. Pekerja ((a×g)/(j+1))	= ((17,28×0,4080)/(0,2350+1))
	= ~6 hari

Indeks Tenaga Kerja Crash (Crash Duration × (Indeks Tenaga Kerja + 1))

o. Pekerja (n × (j + 1))	= 6 × (0,2350 + 1)	= 7,4100
--------------------------	--------------------	----------

Upah Tenaga Kerja Crash (Indeks Tenaga Kerja Crash × Harga Satuan)

p. Pekerja (o × d)	= 7,4100 × Rp 91.000,00	= Rp 674.314,37
--------------------	-------------------------	-----------------

Crash Cost (Normal Cost + Upah Tenaga Kerja Crash)

q. Crash Cost (m + p)	= Rp 806.993,28 + Rp 674.314,3
	= Rp 1.481.307,65

Cost Slope ((Crash Cost-Normal Cost)/(Crash Duration-Normal Duration))

r. Cost Slope ((q-m)/(n-b))	= ((Rp 1.481.307,65-Rp 806.993,28)/(30-6))
	= Rp 28.096,43

Berikut adalah rekapitulasi dari perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope* dari Proyek SPAM Wosusokas pekerjaan pipa Dagen-Plesungan pada lintasan kritis dengan menggunakan metode percepatan tenaga kerja 1 pekerja dan 2 pekerja.

Tabel 5. Rekapitulasi *Crash Duration, Crash Cost, dan Cost Slope* Skenario 5 Penambahan Tenaga Kerja 1 Pekerja

Kode Analisis	Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
A1010	HDPE Pipe, PN 12.5 ND 710 mm; including excavation, gravel filling, site delivery and pipe washing 2 times using clean water and testing	168	282.240.000,00	1.820.000,00
A1030	Bend 22.5° HDPE DN 710 mm	4	873.362,20	2.321,75
A1040	Bend 45° HDPE DN 710 mm	9	2.202.233,20	5.721,07
A1050	Bend 90° HDPE DN 710 mm	5	1.136.643,00	3.015,92
A1060	Steel flange GIP DN 600 mm (include nut & bolt and rubber packing t = 5 mm)	15	4.014.663,75	10.381,06
A1070	Stub flange HDPE dia. 710 mm (stub end + flange)	3	611.328,10	1.762,68
A1090	Gate valve DN 200 mm (Wash Out)	6	1.401.170,50	3.666,89
A1100	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	6	1.401.170,50	3.666,89
A1120	Mechanical Excavation include dumping	6	1.481.307,65	28.096,43
A1130	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	5	1.070.855,92	21.543,34
A1140	Air valve DN 200 mm	9	2.202.233,20	5.721,07
A1150	Gate valve DN 200 mm	9	2.202.233,20	5.721,07
A1160	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	9	2.202.233,20	5.721,07
A1180	Mechanical Excavation include dumping	11	2.362.860,66	7.191,80
A1190	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	7	1.264.223,20	4.325,69

Tabel 6. Rekapitulasi *Crash Duration, Crash Cost, dan Cost Slope* Skenario 6 Penambahan Tenaga Kerja 2 Pekerja

Kode Analisis	Item Pekerjaan	Crash Duration	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
A1010	HDPE Pipe, PN 12.5 ND 710 mm; including excavation, gravel filling, site delivery and pipe washing 2 times using clean water and testing	140	282.240.000,00	1.092.000,00
A1030	Bend 22.5° HDPE DN 710 mm	2	869.622,10	2.298,38
A1040	Bend 45° HDPE DN 710 mm	5	2.273.286,00	6.031,83
A1050	Bend 90° HDPE DN 710 mm	3	1.222.656,20	3.525,35
A1060	Steel flange GIP DN 600 mm (include nut & bolt and rubber packing t = 5 mm)	8	4.040.212,00	10.071,07
A1070	Stub flange HDPE dia. 710 mm (stub end + flange)	2	701.081,40	2.319,58
A1090	Gate valve DN 200 mm (Wash Out)	3	1.391.820,25	3.537,26
A1100	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	3	1.391.820,25	3.537,26
A1120	Mechanical Excavation include dumping	4	1.620.536,19	31.290,11
A1130	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	3	1.128.422,52	22.079,63
A1140	Air valve DN 200 mm	5	2.273.286,00	6.031,83
A1150	Gate valve DN 200 mm	5	2.273.286,00	6.031,83
A1160	Tee All Flange Reducer GIP DN 600 x 200 mm	5	2.273.286,00	6.031,83
A1180	Mechanical Excavation include dumping	6	2.421.779,75	7.340,89
A1190	Ready Mix Concrete $f_c' = 19,3$ mpa (K-225) (includes framework reinforcement steel and PU Foam Insulation)	4	1.344.581,32	4.757,62

Setelah itu perlu dihitung biaya tidak langsung sebelum dan sesudah optimasi untuk mendapat total biaya keseluruhan proyek. Berikut rekapitulasi total biaya dan durasi proyek sebelum dan setelah dilakukan optimasi.

Tabel 7. Rekapitulasi Durasi dan Biaya Proyek Sebelum dan Setelah dilakukan Optimasi

Skenario	Durasi Total (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Biaya Total (Rp)
Normal	421	56.278.937.091,27	8.441.840.563,69	71.840.063.197,01
1 Jam Lembur	390	56.316.674.347,20	8.234.637.826,18	71.651.956.512,45
2 Jam Lembur	363	56.360.108.568,47	8.054.170.925,77	71.499.850.238,61
3 Jam Lembur	340	56.397.116.239,49	7.900.439.862,46	71.370.287.273,16
4 Jam Lembur	324	56.429.357.310,67	7.793.496.514,06	71.287.367.745,46
1 Pekerja	339	56.365.529.265,06	7.893.755.903,18	71.327.806.536,75
2 Pekerja	311	56.366.312.839,01	7.706.605.043,50	71.120.938.849,58
Selisih Skenario 1	31	37.737.255,93	-207.202.737,51	-188.106.684,55
Selisih Skenario 2	58	81.171.477,20	-387.669.637,92	-340.212.958,40
Selisih Skenario 3	81	118.179.148,22	-541.400.701,23	-469.775.923,85
Selisih Skenario 4	97	150.420.219,40	-648.344.049,63	-552.695.451,55
Selisih Skenario 5	82	86.592.173,79	-548.084.660,51	-512.256.660,26
Selisih Skenario 6	110	87.375.747,74	-735.235.520,19	-719.124.347,42

Hasil analisis didapat bahwa pada skenario pertama dengan penambahan 1 jam kerja biaya langsung bertambah dari Rp 56.278.937.091,27 menjadi Rp 56.316.674.347,20. Pada skenario 2 biaya langsung meningkat menjadi Rp 56.360.108.568,47, untuk skenario 3 menjadi Rp 56.397.116.239,49, dan pada skenario 4 biaya langsung menjadi Rp 56.429.357.310,67. Sedangkan untuk penambahan tenaga kerja 1 pekerja (skenario 5), biaya langsung mengalami peningkatan menjadi Rp 56.365.529.265,06 dan pada skenario 6 biaya langsung menjadi Rp 56.366.312.839,01.

Simpulan

Hasil optimasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pada skenario 1 (penambahan 1 jam kerja) adalah 390 hari dengan biaya Rp71.651.956.512,45 dan lebih cepat 31 hari dari durasi normal 421 hari dan penurunan biaya dari biaya normal senilai Rp 71.840.063.197,01, pada skenario 2 (penambahan 2 jam kerja) adalah 363 hari dengan biaya Rp71.499.850.238,61, pada skenario 3 (penambahan 3 jam kerja) adalah 340 hari dengan biaya Rp71.370.287.273,16, pada skenario 4 (penambahan 4 jam kerja) adalah 324 hari dengan biaya Rp71.287.367.745,46, pada skenario 5 (penambahan 1 pekerja) adalah 339 hari dengan biaya Rp71.327.806.536,75, serta pada skenario 6 (penambahan 2 pekerja) adalah 311 hari dengan biaya Rp71.120.938.849,58. Skenario yang paling efisien untuk diterapkan dari penelitian ini yaitu dengan menggunakan skenario 6 yaitu penambahan tenaga kerja sebanyak dua pekerja karena mengurai durasi keseluruhan sebesar 110 hari dengan penurunan biaya sebesar Rp719.124.347,42.

Daftar Pustaka

- Aviyani, V., & Dofir, A. (2021). ANALISIS PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA DAN TENAGA KERJA Studi Kasus: Pembangunan PKL Higienis Kementerian PUPR (Analysis Of Project Acceleration Using The Time Cost Trade Off Methode With Additional H. *Jurnal Artesis*, 1(2), 125–131.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. "SNI 1726 -2019 : Tata Cara Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2020. "SNI 1727 -2020 : Baja Tulangan Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bngunan Gedung Dan Struktur Lain.Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Burhanuddin, B., & Junaidi, J. (2018). Hubungan Empiris Daya Dukung Tanah Dasar Menggunakan Alat Dynamic Cone Penetrometer (Dcp) Dan California Bearing Ratio (Cbr) Rendaman Untuk Disain Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 553–558. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.9994>
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Djau, M. F. M., Arsjad, T. T., & Inkiriwang, R. L. (2021). Percepatan Pelaksanaan Proyek Dengan Penambahan Tenaga Kerja Pada Pembangunan Ruko Di Jalan Bukit Moria, Tikala Baru. *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 709–716. <https://ejournal.unsrat.ac.id>
- Duri–Peranap, Provinsi Jambi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(2), 117–125.
- Emerensia Bellatrix, K. (2018). ANALISIS PERCEPATAN BIAYA DAN WAKTU DENGAN METODE TIME COST TRADE OFF ANALYSIS (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Umum Daerah Sanjiwani Gianyar Bali). *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(1), 10–27.
- Fazri, M., Widiastuti, M., & Jamal, M. (2020). Analisis Percepatan Waktu Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Rusun 1 Kota Samarinda Kalimantan Timur. *Teknologi Sipil*, 3(2), 1–14.
- Gazali, A., & Adawiyah, R. (2018). Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lunak Gambut Kalimantan Selatan Distabilisasi Menggunakan Semen Portland. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 7(1), 9–17. <https://doi.org/10.33084/mits.v7i1.680>
- HA, A. H. (2015). Studi Perbandingan Pondasi Batu Kali, Pondasi Strauss Dan Pondasi Plat Setempat Rumah Tinggal Lantai 2 Tipe 85/72 Dilihat Dari BiayaDan Waktu Dan Metode Pelaksanaan. *Jurnal Ilmiah Seminar Nasional Sains Dan Teknologi terapan III*.
- Hutapea, R. H. (2021). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dan Stabilitas Tower T. 185–T. 187 Zone B Pada Proyek Pengadaan Tower Transmisi 500 Kv Paket I, New Alur
- Hidayatuloh, nur. dani, hasan. (2018). Analisis Efektivitas Jadwal Dan Biaya Melalui Penambahan Tenaga Kerja Pada Percepatan Proyek Pembangunan Gedung Grand Sungkono Lagoonsurabaya Dengan Menggunakan Program Linier Pom-Qm for Windows. *Jurnal Teknik*, 01.
- Himawan, Alif Yudhi. 2023. Analisis Percepatan Pada Proyek Pembangunan Gedung MTSN 4 Sragen dengan Metode Time Cost Trade Off Analysis dengan Software Primavera 6. *Jurnal, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta*.
- Hutasoit, P. hubertus, B.F.Sompie, & Pratasis, P. A. K. (2014). Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Peningkatan Biaya. (Studi Kasus : Perumahan Puri Kelapa Gading). *Tekno Sipil*, 12(61), 54–64.

- Ibrahim, B. (2001). Rencana dan Estimasi Real Of Coast Revisi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Irawan, D., & Halim, A. (2011). Analisa perbandingan Desain Dan Biaya Pondasi Strauss, Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Kisbandy V.C. Marleen. (2016). Optimasi Biaya Pekerjaan Pondasi Dan Metode Pelaksanaan Pondasi Sumuran Pada Pembangunan Gedung Kesehatan Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr. Laksana, B. I. (2017). Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Untuk Mengoptimalkan Waktu dan Biaya Pekerjaan Proyek Pada Pembangunan Gedung Pengairan Universitas Brawijaya. Tugas Akhir Univeritas Brawijaya.
- Makaudis N. Ferdo. (2015). Tinjauan Perencanaan Pondasi Sumuran Dan Metode Pelaksanaannya Pada Proyek Gedung RSJ. V. L. Ratumbusang. Tugas Akhir Program Studi Diploma-IV Konstruksi Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado.
- Nurhayati. 2010. Manajemen Proyek. Yogyakarta: Graha Ilmu.
Pondasi Sumuran Dan Pondasi Tapak Pada Gedung Stikes Widyagama Husada Malang. Jurnal Ilmiah Widya Teknika, 19, 16-22.
- Raharjo, R. W., & Musyafa, A. (2018). Analisis percepatan proyek dengan metode penambahan tenaga kerja. Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil (KPSTS) FTSP UII, November, 1–10.
- Salindeho, C. G., Pratasis, P. A. K., & Sumanti, F. P. Y. (2022). Optimasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Tondano Kembes Manado Seksi II. 20, 135–143.
- Satrio Jati, Adam. 2021. Analisis Optimasi Biaya dan Waktu Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off Menggunakan Aplikasi Primavera P6. Jurnal, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sofia, D. A., & Putri, A. A. E. (2021). Analisis Perbandingan Penambahan Jam Kerja dan Tenaga Kerja terhadap Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off. Industrial Research Workshop and National Seminar, 12, 854.
- Suparno. (2013). diagram AOA (Activity on Arrow). 10–33.
V. L. Ratumbusang Manado. Tugas Akhir Program Studi Diploma-IV Konstruksi Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado.