

PERCEPATAN WAKTU DAN OPTIMASI BIAYA PADA PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE *CPM* (*CRITICAL PATH METHOD*) (Studi Kasus : Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2, Kabupaten Karanganyar)

Muhammad Lutfi Fahrul Arifin¹, *) Gatot Nursetyo¹, Teguh Yuono¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Kota Surakarta

*) Email: gatot.nursetyo@lecture.utp.ac.id

ABSTRACT

A housing and settlement building project (residential construction), is a housing or settlement development project based on development stages that are simultaneous with the provision of supporting infrastructure. Construction projects have obstacles, including delays in work implementation times and cost overruns. The aim of this research is to analyze the optimal and efficient time duration for housing construction projects using the CPM (Critical Path Method) method. This research uses the Critical Path Method (CPM). The data in this research comes from the work schedule (time schedule) and budget plan made by the management of the Griya Sejahtera Colomadu 2 Housing Development. The data collected was analyzed using the CPM method and then searched for critical work paths/trajectories using a work network. (network planning), after obtaining the maximum time limit, the next job will be accelerated using the Critical Path Method (CPM). Then, for the cost optimization analysis in this research, the acceleration method was used with the alternative of additional labor. Based on the research results, it was found that the Griya Sejahtera Colomadu 2 Housing Development project experienced delays in work implementation times and cost overruns, namely with a total duration of 242 working days, and the normal duration of critical work was 190 working days. The results of the acceleration calculation with the alternative of additional labor have a total duration of 152 days and have a total labor wage cost of IDR 46,993,580.88.

Keywords: *Acceleration, Construction Projects, Critical Path Method (CPM)*

ABSTRAK

Proyek bangunan perumahan dan bangunan pemukiman (*residential construction*), adalah suatu proyek pembangunan perumahan atau pemukiman berdasarkan pada tahapan pembangunan yang serempak dengan penyediaan prasarana penunjang. Proyek konstruksi memiliki kendala, antara lain adalah keterlambatan waktu pelaksanaan pekerjaan dan pembengkakan biaya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis durasi waktu yang optimal dan efisien pada proyek pembangunan perumahan menggunakan metode *CPM* (*Critical Path Method*). Penelitian ini menggunakan metode *Critical Path Method* (*CPM*). Yang dimana data dalam penelitian ini berasal dari jadwal pekerjaan (*time schedule*) dan rencana anggaran biaya yang dibuat manajemen Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2. Data yang terkumpul dianalisis dengan menggunakan metode *CPM* lalu dicari dengan jalur / lintasan pekerjaan kritisnya menggunakan jaringan kerja (*network planning*), setelah diperoleh batas waktu maksimum pekerjaan selanjutnya akan dipercepat menggunakan metode *Critical Path Method* (*CPM*). Kemudian untuk analisis optimasi biaya pada penelitian ini, menggunakan metode percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa proyek Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2 mengalami keterlambatan waktu pelaksanaan pekerjaan dan pembengkakan biaya, yaitu dengan total durasi 242 hari kerja, dan durasi normal pekerjaan kritisnya adalah 190 hari kerja. Hasil perhitungan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja memiliki total durasi 152 hari dan memiliki total biaya upah tenaga kerja sebesar Rp 46.993.580,88.

Kata kunci: *Percepatan, Proyek Konstruksi, Critical Path Method (CPM)*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan perumahan dan permukiman merupakan salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal manusia karena pesatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia. Salah satu solusi yang diterapkan adalah dengan melakukan pembangunan perumahan di suatu lokasi atau kawasan yang dilakukan baik oleh pemerintah maupun para pengembang proyek itu sendiri, seperti halnya pada proyek pembangunan perumahan di Colomadu, Kabupaten Karanganyar.

Proyek konstruksi memiliki kendala yang seringkali dijumpai, antara lain adalah keterlambatan waktu pelaksanaan pekerjaan dan pembengkakan biaya (*over budget*) yang disebabkan oleh berbagai faktor, seperti pada proyek pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2 ini yang terjadi keterlambatan waktu pelaksanaan pekerjaan dan pembengkakan biaya (*over budget*) yang disebabkan oleh jadwal rencana (*time schedule/rundown*) tidak sesuai dengan pelaksanaan pekerjaan proyek di lapangan, kurangnya tenaga atau pekerja di lapangan, perhitungan estimasi biaya yang tidak sesuai dengan pengeluaran yang terjadi di lapangan, seperti harga satuan upah pekerjaan naik, harga bahan naik, perubahan desain maupun permintaan (*request*) tambahan atau pengembangan properti dari konsumen,

sehingga terjadilah keterlambatan waktu pelaksanaan pekerjaan dan pembengkakan biaya pada pembangunan perumahan ini.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa durasi waktu optimal pada proyek Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2 setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)* ?
2. Berapa besarnya efisiensi biaya pada proyek Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2 dengan menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)* ?

Agar penelitian ini dapat terfokus pada rumusan masalah diatas, maka diperlukan batasan penelitian yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2, Kabupaten Karanganyar.
2. Waktu penelitian dilakukan pada Bulan September 2023.
3. Harga satuan upah, bahan, dan alat menggunakan harga satuan setempat.

Berdasarkan uraian rumusan masalah diatas, maka diambil tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menganalisis durasi waktu yang optimal dan efisien pada proyek Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2 menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)*.
2. Menghitung besarnya efisiensi biaya pada proyek Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2 menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)*.

2. LANDASAN TEORI

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Selain itu proyek konstruksi juga memiliki karakteristik yaitu bersifat unik, membutuhkan sumber daya (*manpower, material, machine, money, method*) serta membutuhkan organisasi (Ervianto, 2002).

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan untuk mencapai suatu tujuan (bangunan atau konstruksi) dengan batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Proyek konstruksi membutuhkan sumber daya (*resources*) yaitu manusia (*man*), bahan bangunan (*material*), peralatan (*machine*), metode pelaksanaan (*method*), uang (*money*), informasi (*information*), dan waktu (*time*) (Kerzner, 2009).

Salah satu jenis proyek konstruksi yaitu Proyek bangunan perumahan atau bangunan pemukiman (*residential construction*) berdasarkan pada tahapan pembangunan yang serempak dengan penyediaan prasarana penunjang. Perumahan formal merupakan berbagai rumah yang memiliki aturan pembangunan yang jelas dan bentuk/pola teratur yang serempak tanpa adanya pembeda. (Fadilla, Yudhana, & Rini, 2017)

Menurut UU No.1 Tahun 2011, pembangunan perumahan dan kawasan permukiman memiliki tujuan untuk menciptakan kawasan permukiman dan mengintegrasikan secara terpadu dan meningkatkan kualitas lingkungan, yang dihubungkan oleh jaringan transportasi sesuai dengan kebutuhan dengan kawasan lain yang memberikan berbagai pelayanan dan kesempatan kerja. Pembangunan perumahan dan permukiman diselenggarakan berdasarkan rencana tata ruang wilayah yang berfungsi sebagai lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan yang terencana, menyeluruh, terpadu, dan berkelanjutan.

Keterlambatan proyek adalah sebagai waktu pelaksanaan yang tidak dimanfaatkan sesuai dengan rencana kegiatan sehingga menyebabkan satu atau beberapa kegiatan mengikuti menjadi tertunda atau tidak diselesaikan tepat sesuai jadwal yang telah direncanakan (Ervianto, 2004). Suatu pekerjaan sudah ditargetkan harus selesai pada waktu yang telah ditetapkan namun karena suatu alasan tertentu tidak dapat dipenuhi maka dapat dikatakan pekerjaan itu mengalami keterlambatan (Levis & Atherley, 1996).

Keterlambatan proyek akan menimbulkan kerugian pada pihak kontraktor, konsultan, dan pemilik proyek (owner) (Kamaruzzaman, 2012).

1. Pihak kontraktor.

Keterlambatan penyelesaian proyek berakibat naiknya overhead, karena bertambah panjangnya waktu pelaksanaan. Biaya overhead meliputi biaya untuk perusahaan secara keseluruhan, terlepas ada tidaknya kontrak yang sedang ditangani.

2. Pihak Konsultan.

Konsultan akan mengalami kerugian waktu, serta terlambat dalam mengerjakan proyek yang lainnya. Jika pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan penyelesaian.

3. Pihak Pemilik Proyek (*owner*).

Keterlambatan proyek pada pihak pemilik proyek, berarti kehilangan penghasilan dari bangunan yang seharusnya sudah dapat diberdayakan.

Selama proses konstruksi selalu saja muncul gejala kelangkaan periodik atas material-material yang diperlukan, berupa material dasar atau barang jadi baik yang lokal maupun import (Dipohusodo, 1996). Cara penanganannya sangat bervariasi tergantung pada kondisi proyek, sejak yang ditangani langsung oleh staf khusus dalam organisasi sampai bentuk pembagian porsi tanggung jawab diantara pemberi tugas, kontraktor dan sub kontraktor, sehingga penawaran material suatu proyek dapat datang dari sub kontraktor, pemasok atau agen, importer, produsen atau industri, yang semuanya mengacu pada dokumen perencanaan dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Cara mengendalikan keterlambatan adalah :

1. Mengerahkan sumber daya tambahan,
2. Melepas rintangan-rintangan, ataupun upaya-upaya lain untuk menjamin agar pekerjaan meningkat dan membawa kembali ke garis rencana,
3. Jika tidak mungkin tetap pada garis rencana semula mungkin diperlukan revisi jadwal, yang untuk selanjutnya dipakai sebagai dasar penilaian kemajuan pekerjaan pada saat berikutnya.

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (Ervianto, 2005). Manajemen proyek disusun guna mewujudkan pelaksanaan proyek dengan baik sehingga dapat memperkecil peluang untuk timbulnya permasalahan yang akan timbul seiring berjalannya proyek, sehingga diperlukan pendekatan dengan penyusunan sebuah sistem manajemen proyek yang lengkap, kokoh, dan terpadu.

Pada setiap proyek sering terdapat keterlambatan, Keterlambatan proyek konstruksi dapat didefinisikan sebagai terlewatnya batas waktu penyelesaian proyek dari waktu yang telah ditentukan dalam kontrak, atau dari waktu yang disetujui oleh pihak-pihak yang terkait dalam penyelesaian suatu proyek. Salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi keterlambatan adalah *CPM (Critical Path Method)* atau metode jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan akhir proyek. CPM pada dasarnya adalah merupakan metode yang berorientasi pada waktu, dalam arti bahwa CPM akan berakhir pada penentuan waktu (Rahman & Perdana, 2019). Metode ini mengidentifikasi jalur kritis pada aktifitas yang ditentukan ketergantungan antar aktifitasnya. Aktifitas merupakan tugas spesifik yang mempunyai hasil yang dapat diukur dari durasi pengerjaannya. Jalur kritis adalah suatu deretan kegiatan kritis yang menentukan jangka waktu penyelesaian bagi keseluruhan proyek. Penggambaran Critical Path Method menggunakan simbol yang dapat berbentuk segi empat atau lingkaran. Di bawah ini adalah gambar contoh penggambaran CPM untuk satu item pekerjaan. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :



Gambar 1. Contoh Diagram *CPM* untuk satu item pekerjaan

Keterangan :

- Lingkaran (node), menunjukkan sebuah kegiatan atau pekerjaan dan berakhirnya suatu pekerjaan.
- Garis panah (arrow) menunjukkan pekerjaan, arah panah ke suatu node menunjukkan urutan antar pekerjaan.
- EET a, menunjukkan saat paling awal pekerjaan dimulai.
- EET b, menunjukkan saat paling dini pekerjaan berakhir.
- LET a, menunjukkan saat paling lambat pekerjaan dimulai.
- LET b, menunjukkan saat paling lambat pekerjaan berakhir.
- Durasi, menunjukkan lama pekerjaan berlangsung.
- N, menunjukkan nomor kegiatan/pekerjaan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder sebagai sumbernya. Sumber data primer yaitu *siteplan* lokasi proyek, Rencana Anggaran Biaya (RAB), *Rundown/Time Schedule*, dan Gambar Kerja. Sedangkan sumber data sekunder yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu mengambil dari buku, artikel maupun jurnal yang berkaitan. Peneliti menggunakan observasi, wawancara dan kajian literature dalam teknik pengumpulan data. Observasi yaitu mengobservasi mengenai masalah serta tujuan penelitian, wawancara yaitu langsung melakukan tanya jawab dengan kepala perusahaan agar mendapatkan sebagaimana informasi yang secara detail mengenai aspek-aspek dalam proyek, serta melakukan kajian literatur seperti sumber dari buku dan penelitian-penelitian terdahulu.

Teknik analisis data dalam penelitian ini adalah (1) menganalisis uraian pekerjaan proyek konstruksi, (2) membuat ketergantungan antar pekerjaan proyek konstruksi, (3) membuat rencana jaringan kerja (*network planning*), (4) membuat analisis jalur kritis dengan metode *CPM*, (5) melakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja, (6) membuat rekapitulasi perbandingan durasi dan biaya normal dengan hasil setelah dilakukan metode *CPM* dan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja.

4. PEMBAHASAN

Analisis waktu menggunakan metode *cpm* (*critical path method*)

Analisis percepatan waktu menggunakan metode *CPM* ini membutuhkan beberapa langkah, antara lain:

1. Membuat Uraian Pekerjaan Berdasarkan *Time Schedule*

Tabel 1. Uraian Pekerjaan dan Durasi

No	Pekerjaan	Durasi (Hari)
1	Pekerjaan Tanah	10
2	Pekerjaan Beton	47
3	Pekerjaan Dinding	29
4	Pekerjaan Finishing Dinding	38
5	Pekerjaan Atap	17
6	Pekerjaan Plafond dan Instalasi Listrik	5
7	Pekerjaan Lantai	22
8	Pekerjaan Septictank dan Carport	20
9	Pekerjaan Batu Alam	5
10	Pekerjaan Kusen, Pintu, dan Jendela	17
11	Pekerjaan Pengecatan	5
12	Pekerjaan Kamar Mandi	22
13	Pekerjaan Taman Rumah & Pembersihan	5
Jumlah Durasi (Hari)		242

2. Membuat Ketergantungan Antar Pekerjaan

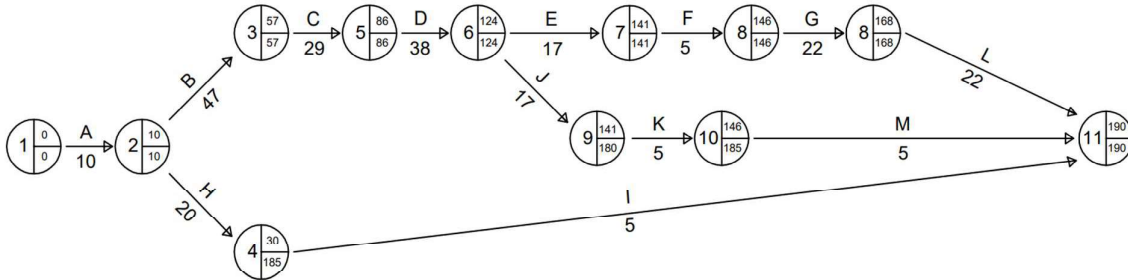
Berdasarkan uraian pekerjaan diatas, maka dapat dibuat logika ketergantungan antar pekerjaan sebagai berikut :

Tabel 2. Ketergantungan Antar Pekerjaan

No	Pekerjaan	Kode	Durasi (Hari)	Pekerjaan Pendahulu
1	Pekerjaan Tanah	A	10	-
2	Pekerjaan Beton	B	47	A
3	Pekerjaan Dinding	C	29	B
4	Pekerjaan Finishing Dinding	D	38	C
5	Pekerjaan Atap	E	17	D
6	Pekerjaan Plafond dan Instalasi Listrik	F	5	E
7	Pekerjaan Lantai	G	22	F
8	Pekerjaan Septictank dan Carport	H	20	A
9	Pekerjaan Batu Alam	I	5	H
10	Pekerjaan Kusen, Pintu, dan Jendela	J	17	D
11	Pekerjaan Pengecatan	K	5	J
12	Pekerjaan Kamar Mandi	L	22	G
13	Pekerjaan Taman Rumah dan Pembersihan	M	5	K

3. Membuat Rencana Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Berikut adalah rencana jaringan kerja (*network planning*) dari hasil analisis data oleh penyusun pada penelitian ini, dan dapat dilihat pada gambar berikut :



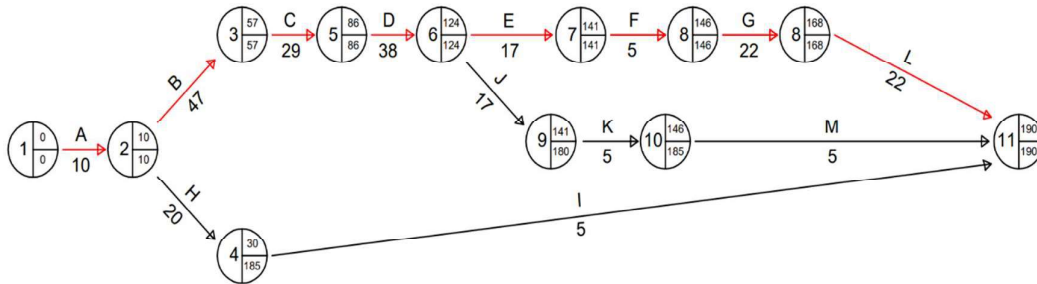
Gambar 2. Diagram *Network Planning* Metode CPM

4. Membuat Analisis Jalur Kritis / Lintasan Kritis

Dari hasil diagram *network planning* diatas ada beberapa lintasan kritis yang mungkin dilalui, yaitu :

- Lintasan kritis 1 : A, B, C, D, E, F, G, L
: 10 + 47 + 29 + 38 + 17 + 5 + 22 + 22
: 190 hari
- Lintasan kritis 2 : A, B, C, D, J, K, M
: 10 + 47 + 29 + 38 + 17 + 5 + 5
: 151 hari
- Lintasan kritis 3 : A, H, I
: 10 + 20 + 5
: 35 hari

Berdasarkan hasil perhitungan total durasi tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa jalur kritisnya adalah lintasan kritis I karena lintasan I menghasilkan jumlah hari terbesar yakni 190 hari, maka lintasan kritis I adalah lintasan kritis yang akan digunakan untuk percepatan waktu pelaksanaan proyek ini. Jalur kritis/lintasan kritis yang sudah ditentukan untuk dilakukan percepatan dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram *Network Planning* Hasil Analisis CPM

5. Rekapitulasi Hasil Analisis Pekerjaan Kritis

Berdasarkan dari hasil analisis diatas, pekerjaan kritisnya adalah pekerjaan A, B, C, D, E, F, G, L dengan total durasi pada jalur kritis I adalah 190 hari. Kemudian dapat dibuat tabel rekapitulasi sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Pekerjaan Kritis

No	Pekerjaan	Kode	Durasi (Hari)
1	Pekerjaan Tanah	A	10
2	Pekerjaan Beton	B	47
3	Pekerjaan Dinding	C	29
4	Pekerjaan Finishing Dinding	D	38
5	Pekerjaan Atap	E	17
6	Pekerjaan Plafond dan Instalasi Listrik	F	5
7	Pekerjaan Lantai	G	22
8	Pekerjaan Kamar Mandi	L	22
Jumlah Durasi (Hari)			190

Analisis optimasi biaya pada proyek konstruksi

Metode yang digunakan untuk analisis biaya pada penelitian ini adalah menggunakan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja. Analisis percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja memerlukan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Analisis kebutuhan tenaga kerja pada pekerjaan kritis

Perhitungan kebutuhan tenaga kerja dan jumlah upah tenaga kerja pekerjaan kritis pada Pekerjaan Tanah (Galian Tanah 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m).

- a. Data yang digunakan antara lain adalah :
 - Volume Pekerjaan = 7,44 m³
 - Koefisien tenaga kerja
 - Pekerja = 0,750
 - Mandor = 0,025
 - Upah tenaga kerja
 - Pekerja = Rp 81.000,00
 - Mandor = Rp 99.000,00
- b. Kebutuhan tenaga kerja :
 - Jumlah pekerja yang dibutuhkan = Volume x Koefisien
 - = 7,44 x 0,750
 - = 5,58 Orang
 - Jumlah mandor yang dibutuhkan = Volume x Koefisien
 - = 7,44 x 0,025
 - = 0,186 Orang
- c. Jumlah upah tenaga kerja :
 - Jumlah upah pekerja = Jumlah pekerja x Upah tenaga kerja
 - = 5,58 x 81.000,00
 - = Rp 451.980,00
 - Jumlah upah mandor = Jumlah mandor x Upah tenaga kerja
 - = 0,186 x 99.000,00
 - = Rp 18.414,00
- d. Jumlah biaya upah tenaga kerja pada pekerjaan galian tanah :
 - = Jumlah upah pekerja + Jumlah upah mandor
 - = Rp 451.980,00 + Rp 18.414,00
 - = Rp 470.394,00

Tabel 4. Perhitungan Tenaga Kerja dan Jumlah Upah Tenaga Kerja Normal Pada Pekerjaan Kritis

Item Pekerjaan	Koefisien Tenaga Kerja	Vol	Sat	Durasi (Hari)	Jumlah Tenaga Kerja (OHK) Perhari	Harga Satuan Upah Tenaga Kerja	Jumlah Upah Tenaga Kerja Perhari
	a	b		c	d = a x b	e	f = d x e
Galian Tanah 1 m ³ tanah biasa sedalam 1 m	A.2.3.1.1	7.44	m ³	10	5.58	Rp. 81.000.00	Rp. 451.980.00
Pekerja	0.750				0.186	Rp. 99.000.00	Rp. 18.414.00
Mandor	0.025						
Jumlah					5.766		Rp. 470.394.00

2. Analisis Produktifitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Kritis

Analisis produktifitas tenaga kerja dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Produktifitas Tenaga Kerja} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi} \times \text{Jumlah Tenaga Kerja}}$$

Contoh perhitungan produktifitas tenaga kerja pada Pekerjaan Tanah (Galian Tanah 7,44 m³ tanah biasa sedalam 1 m), Pekerjaan Beton (Pekerjaan 1,27 m³ Beton Kolom Praktis) dan Pekerjaan Dinding (Pasangan 107,93 m² Bata Dinding Rumah Tebal ½ Bata Campuran 1 : 2) adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan Tanah (Galian Tanah 7,44 m³ Tanah Biasa Sedalam 1 m) :
 - a. Pekerja = $7,44 / (10 \times 5,58)$ = 0,13 m³/hari/orang
 - b. Mandor = $7,44 / (10 \times 0,186)$ = 4,00 m³/hari/orang
2. Pekerjaan Beton (Pekerjaan 1,27 m³ Beton Kolom Praktis) :
 - a. Tukang Batu = $1,27 / (47 \times 0,349)$ = 0,08 m³/hari/orang
 - b. Kepala Tukang = $1,27 / (47 \times 0,035)$ = 0,76 m³/hari/orang
 - c. Pekerja = $1,27 / (47 \times 2,095)$ = 0,01 m³/hari/orang
 - d. Mandor = $1,27 / (47 \times 0,105)$ = 0,26 m³/hari/orang
3. Pekerjaan Dinding (Pasangan 107,93 m² Bata Dinding Rumah Tebal ½ Bata Campuran 1 : 2) :
 - a. Tukang Batu = $107,93 / (29 \times 10,793)$ = 0,34 m²/hari/orang
 - b. Kepala Tukang = $107,93 / (29 \times 1,0793)$ = 3,45 m²/hari/orang
 - c. Pekerja = $107,93 / (29 \times 32,379)$ = 0,11 m²/hari/orang
 - d. Mandor = $107,93 / (29 \times 1,618)$ = 2,30 m²/hari/orang

Perhitungan normal produktifitas tenaga kerja keseluruhan dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 5. Perhitungan Produktifitas Normal Tenaga Kerja

No	Item Pekerjaan	Koefisien Tenaga Kerja	Vol	Durasi (Hari)	Jumlah Tenaga Kerja (OHK) Perhari	Produktifitas Tenaga Kerja
		a	b	c	d = a x b	g = b / (c x d)
1	Galian Tanah 1 m ³ tanah biasa sedalam 1 m	A.2.3.1.1				
	Pekerja	0.750	7.44	10	5.58	0.13
	Mandor	0.025			0.186	4.00
	Jumlah				5.766	
2	Pekerjaan 1 m ³ Beton Kolom Praktis	A.4.1.1.5				
	Tukang Batu	0.275			0.34925	0.08
	Kepala Tukang	0.028	1.27	47	0.03556	0.76
	Pekerja	1.650			2.0955	0.01
	Mandor	0.083			0.10541	0.26
	Jumlah				2.58572	
3	Pasangan 1 m ² Bata Dinding Rumah tebal ½ bata campuran 1 : 2	A.4.4.1.7				
	Tukang Batu	0.100	107.93	29	10.793	0.34
	Kepala Tukang	0.010			1.0793	3.45
	Pekerja	0.300			32.379	0.11
	Mandor	0.015			1.61895	2.30
	Jumlah				45.87025	

3. Percepatan (*crashing*) dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja
 Metode yang digunakan untuk percepatan waktu dan optimasi biaya pada penelitian ini adalah percepatan (*crashing*) dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar 25% dari total tenaga kerja setiap item pekerjaan. Langkah-langkah dalam percepatan (*crashing*) dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebagai berikut :
 - a. Analisis jumlah tenaga kerja yang akan ditambahkan
 Rumus perhitungan yang digunakan dalam menentukan jumlah penambahan tenaga kerja adalah :

$$\text{Jumlah Tenaga Kerja} + (\text{Jumlah Tenaga Kerja} \times 25\%)$$
 Berikut contoh penambahan jumlah tenaga kerja pada Pekerjaan Tanah (Galian Tanah 7,44 m³ tanah biasa sedalam 1 m) :
 - i. Pekerja = $5,58 + (5,58 \times 25\%)$
 = $5,58 + (1,395)$
 = 6,975 orang
 - ii. Mandor = $0,186 + (0,186 \times 25\%)$
 = $0,186 + (0,0465)$
 = 0,2325 orang

- b. Analisis durasi setelah penambahan tenaga kerja
Perhitungan durasi setelah penambahan tenaga kerja adalah dengan menggunakan rumus :

$$Durasi = \frac{Volume}{Prod. Tenaga Kerja \times Jumlah Tenaga Kerja}$$

Berikut contoh perhitungan durasi setelah penambahan tenaga kerja pada Pekerjaan Tanah (Galian Tanah 7,44 m³ tanah biasa sedalam 1 m) :

$$\begin{aligned} \text{i. Pekerja} &= \frac{7,44}{0,13 \times 6,975} = 8 \\ \text{ii. Mandor} &= \frac{7,44}{4,00 \times 0,2325} = 8 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{i. Pekerja} \\ \text{ii. Mandor} \end{aligned}} \right\} 8 \text{ Hari}$$

Maka durasi pada item Pekerjaan Tanah (Galian Tanah 7,44 m³ tanah biasa sedalam 1 m) setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja adalah menjadi 8 hari.

4. Perhitungan upah setelah dilakukan penambahan tenaga kerja
Berikut adalah perhitungan upah setelah penambahan tenaga kerja pada Pekerjaan Tanah (Galian Tanah 4,77 m³ tanah biasa sedalam 1 m) :

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= 6,975 \times \text{Rp } 81.000,00 = \text{Rp } 564.975,00 \\ \text{b. Mandor} &= 0,2325 \times \text{Rp } 99.000,00 = \text{Rp } 23.017,50 \\ \text{c. Total biaya upah} &= \text{Rp } 564.975,00 + \text{Rp } 23.017,50 \\ &= \text{Rp } 587.992,50 \end{aligned}$$

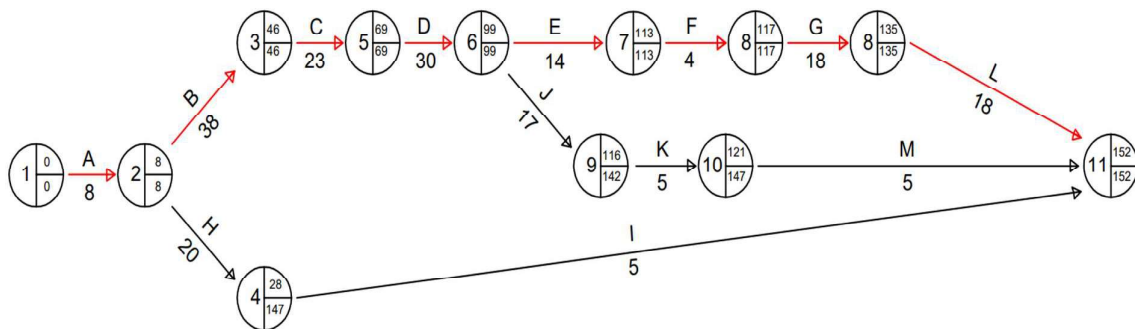
Jadi total biaya pada item Pekerjaan Tanah (Galian Tanah 7,44 m³ tanah biasa sedalam 1 m) adalah Rp 587.992,50.

Tabel 6. Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja, Durasi, dan Biaya Upah Penambahan Tenaga Kerja Sebesar 25%

No	Item Pekerjaan	Jumlah Tenaga Kerja Setelah Penambahan (OHK) $h = d + (d \times 25\%)$	Durasi (Hari) Crashing $i = b / (g \times h)$	Harga Satuan Upah Tenaga Kerja j	Jumlah Harga Penambahan Tenaga Kerja $k = h \times j$
1	Galian Tanah 1 m ³ tanah biasa sedalam 1 m				
	Pekerja	6.975	8	Rp 81.000.00	Rp 564.975.00
	Mandor	0.2325	8	Rp 99.000.00	Rp 23.017.50
	Jumlah	7.2075			Rp 587.992.50

Berdasarkan perhitungan penambahan tenaga kerja diatas, maka didapatkan hasil durasi keseluruhan pada pekerjaan kritis adalah menjadi 152 hari kerja dengan total biaya upah tenaga kerja sebesar Rp 46.993.580,88.

Diagram *Network Planning* setelah percepatan (*crashing*) dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar 25% dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Diagram *Network Planning* Setelah Percepatan (*Crashing*) Dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja Sebesar 25%

Time schedule dan kurva S

Tabel 7. Time Schedule dan Kurva S

No	Item Pekerjaan	Nilai Biaya Pekerjaan	Bobot Pekerjaan c = (bumbah) x 100%	Waktu															
				AGUSTUS				SEPTEMBER				OKTOBER				NOVEMBER			
a				M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
A. PEKERJAAN TANAH																			
1	Liter dan Pemasangan 1 m3 Broomplank	Rp. 664.020,00	1,745%																
2	Talam Tanah 1 m3 tanah biasa sodalan 1 m	Rp. 470.394,00	1,236%																
3	Pemasangan Pondasi Batu Kali Beton campuran 1 : 6	Rp. 1.508.832,00	3,966%																
4	Urug Dalam Kevling campuran 1 m3 dengan 2 unit urug	Rp. 425.455,80	0,966%																
B. PEKERJAAN BETON																			
1	Pekerjaan 1 m3 Beton Sloof 15x17	Rp. 165.621,96	0,435%																
2	Pekerjaan 1 m3 Beton Kolom Pratis	Rp. 214.632,54	0,564%																
3	Pekerjaan 1 m3 Beton Ring	Rp. 263.643,12	0,693%																
4	Beton Plat Talang	Rp. 241.362,38	0,640%																
5	Beton Pilar	Rp. 20.380,24	0,053%																
6	Beton Lantai 1 m ²	Rp. 3.070,06	0,013%																
7	Beton Dak Teras + Janggran	Rp. 79.439,94	0,207%																
C. PEKERJAAN DINDING																			
1	Pemasangan Batu Dinding Kumud tebal 1/2 bata campuran 1 : 2	Rp. 3.816.083,53	10,109%																
2	Pemasalahan Lantai 15x15	Rp. 88.387,00	0,232%																
3	Pemasangan batu miring susunan batu alam	Rp. 244.961,65	0,636%																
4	Pemasangan Batu Piler tebal 1 bata campuran 1 : 2	Rp. 128.909,70	0,339%																
5	Pemasangan Batu Rolling Teras tebal 1 bata campuran 1 : 2	Rp. 91.225,60	0,240%																
6	Pemasangan Batu Pagar tebal 1/2 bata campuran 1 : 2	Rp. 469.312,93	1,234%																
D. PEKERJAAN PENYIANG DINDING																			
1	Pilesteren 1 m2 Pemasangan Batu Miring campuran 1 : 2 tebal 15 mm	Rp. 276.402,40	0,724%																
2	Pilesteren 1 m2 Dinding Kumud campuran 1 : 2 tebal 15 mm	Rp. 8.744,87,00	0,023%																
3	Pilesteren 1 m2 Talang campuran 1 : 2 tebal 15 mm	Rp. 581.064,00	1,535%																
4	Asam 1 m2 Talang	Rp. 389.376,00	1,023%																
5	Pemasangan 1 m2 Pipa Listrik PVC tipe AW diameter 1/2"	Rp. 302,00	0,001%																
6	Pemasangan 1 m2 Pipa Instalasi Air Bersih PVC tipe AW diameter 1/2"	Rp. 45.120,00	0,119%																
7	Pilesteren 1 m2 Pemasangan Batu Piler campuran 1 : 2 tebal 15 mm	Rp. 292.032,00	0,788%																
8	Asam 1 m2 Batu Piler	Rp. 97.884,80	0,257%																
9	Pilesteren 1 m2 Dng Teras campuran 1 : 2 tebal 15 mm	Rp. 189.820,80	0,499%																
10	Asam 1 m2 Dinding Kumud	Rp. 4.394,72,00	0,012%																
11	Pekerjaan 1 m2 Spiongan Dinding campuran 1 : 3	Rp. 2.594,16,00	0,007%																
12	Asam 1 m2 Dng Teras	Rp. 253.094,40	0,665%																
13	Pekerjaan 1 m2 Spiongan Dng Teras campuran 1 : 3	Rp. 236.007,60	0,620%																
E. PEKERJAAN ALAP																			
1	Pemasangan 1 m2 Ramok Atap Baja Ringan	Rp. 2.908.620,00	7,615%																
2	Pemasangan 1 m2 Kerupuk Nck Gantung Hetro	Rp. 1.341.724,80	3,527%																
3	Pemasangan 1 m2 Kerupuk Nck Gantung Hetro	Rp. 744.158,50	1,956%																
F. PEKERJAAN PELATIN & PENALASIAN LUB TRUK																			
1	Pasang Instalasi Listrik 300 watt	Rp. 467.800,00	1,230%																
2	Instalasi - pas pemasangan busbar downlight	Rp. 528.000,00	1,383%																
3	Pemasalahan stop kontak - instalasi	Rp. 420.800,00	1,106%																
4	Pemasangan 1 m2 Gypsum ukuran (120x240x9) mm, tebal 9 mm	Rp. 400.076,80	1,052%																
5	Pemasangan 1 m2 Bat Angin - langir	Rp. 165.917,20	0,438%																
G. PEKERJAAN LANTAI																			
1	Floor Lantai	Rp. 102.602,28	0,269%																
2	Pemasalahan floor lantai area dapur	Rp. 637.437,54	1,675%																
3	Pemasalahan meja dapur - finishing & instalasi	Rp. 169.002,00	0,444%																
4	Pemasangan 1 m2 Keramik lantai keramik Mural ukuran 20x20 cm	Rp. 801.581,19	0,211%																
5	Pemasangan 1 m2 keramik lantai ruang ukuran 60x60 cm	Rp. 888.101,76	2,334%																
6	Pemasangan 1 m2 keramik lantai teras ukuran 60x60 cm	Rp. 149.260,80	0,392%																
7	Pemasangan 1 m2 keramik lantai dapur ukuran 60x60 cm	Rp. 122.823,96	0,322%																
H. PEKERJAAN KAMAR SANDI																			
1	Pemasangan 1 m2 Keramik dinding KM ukuran 20x25 cm	Rp. 930.852,00	2,417%																
2	Pemasangan keramik KM ukuran 15x15 cm	Rp. 17.270,00	0,045%																
3	Pemasangan 1 buah Kran air diameter 1/2" atau 3/4"	Rp. 40.705,00	0,107%																
4	Pasang floor drain	Rp. 314,00	0,001%																
5	Pasang shower	Rp. 2.250,00	0,006%																
6	Pasang Kran double shower	Rp. 35.600,00	0,094%																
7	Pasang gub shower	Rp. 41.800,00	0,111%																
8	Pasang 1 jet shower	Rp. 35.600,00	0,094%																
9	Pasang closet duduk memblok, lca Pool	Rp. 381.990,00	1,004%																
10	Pemasalahan instalasi water heater gas	Rp. 97.000,00	0,257%																
11	Pasang Kran paman dingin	Rp. 35.600,00	0,094%																
12	Pasang tanduk air - instalasi	Rp. 88.990,00	0,024%																
JMLAH																			
KOMPLEKSI																			
				6,948%	10,949%	0,267%	1,200%	0,052%	3,792%	23,736%	1,249%	11,229%	15,283%	6,768%	7,913%	2,657%	2,334%	0,714%	1,604%
				6,918%	17,897%	18,164%	19,364%	19,416%	23,208%	46,944%	48,193%	59,422%	74,706%	81,474%	89,387%	92,044%	94,379%	95,692%	97,950%

Rekapitulasi perbandingan durasi dan biaya

Penelitian pada proyek Pembangunan Perumahan Griya Sejahtera Colomadu 2 Kabupaten Karanganyar ini berfokus pada analisa percepatan waktu dan optimasi biaya pada pekerjaan kritis, yang sebelum dilakukan percepatan durasinya adalah 190 hari dan total biaya upah tenaga kerjanya sebesar Rp 38.051.220,20. Kemudian dilakukan percepatan (*crashing*) dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar 25% yang bertujuan agar durasi waktu penyelesaian pekerjaan lebih optimal dan efisien.

Rekapitulasi perbandingan durasi dan biaya pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Rekapitulasi Perbandingan Durasi dan Biaya

Uraian	Durasi (Hari)	Selisih Durasi (Hari)	Biaya Upah Tenaga Kerja	Selisih Biaya
Pekerjaan Normal	190	-	Rp. 38.051.220,20	-
Percepatan (<i>Crashing</i>) dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja 25%	152	38	Rp. 46.993.580,88	Rp. 8.942.360,68

Hasil rekapitulasi diatas menunjukkan bahwa pekerjaan normal memiliki total durasi 190 hari dan memiliki total biaya upah tenaga kerja sebesar Rp 38.051.220,20. Sementara pada percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja memiliki total durasi 152 hari dan memiliki total biaya upah tenaga kerja sebesar Rp 46.993.580,88. Yang artinya selisih durasi waktu antara pekerjaan normal dengan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja 25% adalah 38 hari lebih cepat dibandingkan pekerjaan normal, dan selisih biaya upah tenaga kerja antara pekerjaan normal dengan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja 25% adalah Rp 8.942.360,68.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini, maka dapat diperoleh kesimpulan seperti berikut :

1. Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan yang telah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar 25% memperoleh durasi waktu selama 152 hari.
2. Biaya upah tenaga kerja pada pelaksanaan pekerjaan yang telah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar 25% adalah sebesar Rp 46.993.580,88.

Berdasarkan hasil penelitian, maka ada beberapa saran yang dibuat untuk penelitian yang akan datang, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Metode percepatan yang digunakan dalam penelitian ini hanya menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja. Maka akan lebih baik apabila ditambahkan dengan alternatif lainnya seperti penambahan jam kerja (lembur), penambahan shift kerja, penambahan material dan peralatan, sehingga agar lebih banyak perbandingan dan dapat mengetahui metode percepatan (crashing) yang lebih efektif dari segi waktu dan biaya.
2. Objek dalam penelitian ini yaitu proyek pembangunan perumahan, maka untuk penelitian selanjutnya bisa meneliti pada proyek pembangunan jalan, jembatan, gedung, bendungan, serta proyek pembangunan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ervianto, W. I. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Ervianto, W. I. (2004). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Ervianto, W. I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi*. Yogyakarta: Andi.
- Fadilla, F., Yudhana, G., & Rini, E. F. (2017). *Faktor yang Mempengaruhi Preferensi Bermukim Penghuni Perumahan Formal Kota Surakarta Studi Kasus Kelurahan Mojosongo*. Surakarta: Arsitektura.
- Kamaruzzaman, F. (2012). Studi Keterlambatan Penyelesaian Proyek Konstruksi. *TEKNIK-SIPIL*, 12(2).
- Kerzner, H. (2009). *Project Management 10th Ed+ Student Workbook+ Case Studies 3rd Ed: A System Approach to ...* John Wiley.
- Levis, & Atherley. (1996). *Delay Construction*. Langford.
- Rahman, A., & Perdana, S. (2019). PENERAPAN MANAJEMEN PROYEK DENGAN METODE CPM (Critical Path Method) PADA PROYEK PEMBANGUNAN SPBE. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Volume 3 No. 1*, 242-250.
- Republik Indonesia. (2011). Undang - Undang No. 1 Tentang. *Perumahan dan Kawasan Permukiman*. Jakarta, DKI, Indonesia.