

Perencanaan Jadwal Waktu Proyek *Modular House Two Storey* Menggunakan Pendekatan *Critical Path Method* di PT XYZ

Robby Rahmansah¹, Verani Hartati²

^{1,2)} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama
Jl. Cikutra No. 204 A Bandung, 40125

Email: robbyrahmansah19@gmail.com, verani.hartati@widyatama.ac.id

ABSTRAK

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang rancang bangun rumah dengan *design* yang sederhana, praktis dan efisien. Perusahaan tersebut membuat berbagai jenis dan ukuran bangunan *modular house* yang bisa digabung dan dikombinasikan menjadi sebuah rumah dengan tipe atau ukuran sesuai keinginan. Salah satu produknya adalah *modular house two storey*. Dalam pelaksanaan pembangunan rumah contoh *modular house two storey* ini, terjadi keterlambatan pekerjaan proyek selama 14 hari dari target pembangunan 75 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jalur kritis, durasi penyelesaian dan rencana jadwal waktu proyek *modular house two storey*. Perencanaan jadwal waktu proyek dilakukan menggunakan metode pendekatan *critical path method* (CPM) yang didalamnya meliputi penentuan penyelesaian seperti hubungan aktifitas ketergantungan, jaringan CPM, perhitungan maju dan mundur, perhitungan lintasan kritis dan *gantt chart*. Hasil penelitian menunjukkan penyelesaian proyek *modular house two storey* membutuhkan waktu selama 67 hari mempunyai jadwal waktu yang terdiri dari 12 aktifitas lintasan kritis, 3 lintasan hampir kritis dan 8 lintasan kurang kritis.

Kata kunci: CPM, *Gantt Chart*, Perhitungan Maju, Perhitungan Mundur, Jadwal Waktu

ABSTRACT

PT XYZ is a company engaged in the design of houses with a simple, practical and efficient design. The company makes various types and sizes of modular house buildings that can be combined and combined into a house with the type or size you want. One of its products is a modular house two storey. In the implementation of the construction of the modular house two storey model house, there was a delay in project work for 14 days from the construction target of 75 days. This study aims to determine the critical path, duration of completion and time schedule plan for the modular house two storey project. Project time schedule planning is carried out using the critical path method (CPM) approach which includes determining settlements such as dependency activity relationships, CPM networks, forward and backward calculations, critical path calculations and gantt charts. The results showed that the completion of the modular house two storey project took 67 days to have a time schedule consisting of 12 critical path activities, 3 almost critical paths and 8 less critical paths.

Keywords: CPM, *Gantt Chart*, Forward Pass, Backward Pass, Time Schedule

Pendahuluan

PT XYZ merupakan perusahaan *startup* yang bergerak dibidang rancang bangun rumah dengan *design* yang sederhana, praktis dan efisien. Perusahaan ini mempunyai visi yaitu menjadi perusahaan rancang bangun rumah *modular* terbaik di Indonesia dan Internasional. Perusahaan ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang ingin mendapatkan produk yang berkualitas sesuai dengan anggaran dan kebutuhan serta berusaha untuk menjadi perusahaan yang bisa memberikan kepuasan kepada konsumen dari sisi kualitas dan kuantitas. Sehingga dengan meningkatnya permintaan akan tempat tinggal maka banyak *developer* yang membangun area kawasan perumahan [1]. Dalam mencapai visi perusahaan diperlukan analisis strategi pasar yaitu kekuatan, peluang, kelemahan, ancaman terkait perencanaan proyek [2]. Dalam pelaksanaannya, PT XYZ menggunakan sosial media yang efektif dan efisien dalam memperkenalkan sistem *modular* kepada konsumen [3].

Menurut [4], sistem *modular* adalah metode pembangunan dengan mengerjakan sebagian komponen bangunan diluar *site* (pabrik) dan merakitnya di dalam *site* (*erection*). Sedangkan, keunggulan sistem *modular* adalah *contrucability* yang berdampak pada skedul positif, jumlah pekerja, kualitas dan produktivitas [5]. Keunggulan lain dari sistem *modular* ini adalah kuat, anti rayap, anti jamur, ringan dikarenakan jenis bahan bangunan ini termasuk dalam kategori beton ringan berupa komposit padat campuran antara semen dan *styrofoam*

dalam bentuk *sandwich* dengan lapisan terluar berupa *kalsiboard* sehingga lebih tahan gempa, mudah direnovasi, mudah untuk dipindahkan.

PT XYZ membuat berbagai jenis dan ukuran bangunan *modular house* yang bisa digabung dan dikombinasikan menjadi sebuah rumah dengan tipe atau ukuran sesuai keinginan. Salah satu produknya adalah *modular house two storey type 36*. Jenis proyek yang dilaksanakan adalah proyek *engineering* konstruksi [6]. Berdasarkan hasil pengamatan, pembangunan rumah contoh *modular house two storey* memiliki target pembangunan selama 75 hari. Kurangnya sistem manajemen proyek yang baik pada perusahaan *star-up* mengakibatkan dalam pelaksanaan pembangunan terjadi keterlambatan pekerjaan proyek selama 14 hari menjadi 89 hari. Pemborosan biaya pekerjaan dan biaya upah proyek adalah faktor yg wajib dihilangkan [7].

Menurut [8], keterlambatan dapat dibagi menjadi 3 jenis utama, yaitu:

1. Keterlambatan yang tidak dapat dimaafkan (*Non Excusable Delays*)
2. Keterlambatan yang dapat dimaafkan (*Excusable Delays*)
3. Keterlambatan yang layak mendapat ganti rugi (*Compensable Delays*)

Oleh karena itu, dibutuhkan perencanaan jadwal proyek untuk mencapai hasil optimal. Proyek adalah suatu upaya yang dilakukan untuk mencapai tujuan tertentu melalui serangkaian aktivitas yang unik dan saling berkaitan dengan melakukan pemanfaatan sumber daya yang efektif [9]. Kegiatan proyek yang tidak efisien terjadi karena kegiatan proyek dan manajemen yang tidak efektif hasilnya adalah penundaan, kualitas kerja yang buruk, dan peningkatan biaya [10]. Selain itu, kegagalan suatu proyek diakibatkan karena kurang perencanaan dan pengendalian [11].

Menurut [12], manajemen proyek merupakan suatu rangkaian proses merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan kegiatan setiap anggota organisasi serta sumber daya lainnya sehingga dapat mencapai tujuan organisasi yang telah ditentukan sebelumnya.

Untuk merencanakan manajemen proyek secara efektif, ada 5 fase siklus hidup proyek yaitu memulai, perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan penutupan [13]. Hasil dari perencanaan adalah penjadwalan proyek, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek [14]. Dalam perencanaan membutuhkan pedoman dalam pelaksanaan proyek sehingga menghasilkan waktu yang efisien dan efektif [15]. Penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada [14]. Penjadwalan bertujuan untuk meminimalkan waktu dan biaya pemrosesan [16].

Menurut [17], metode CPM adalah metode yang digunakan dalam perencanaan dan pengendalian dengan menggunakan prinsip pembentukan jaringan pada pengelolaan suatu proyek. Metode CPM digunakan untuk menentukan waktu kapan suatu kegiatan dimulai dan berakhir pada suatu proyek dalam analisis jaringan kerja sehingga didapat waktu yang optimal untuk dapat menyelesaikan sebuah proyek. Metode CPM memberikan hasil analisis pada jaringan kegiatan suatu proyek berupa optimasi biaya total proyek dengan cara mempersingkat waktu total penyelesaian proyek yang dilaksanakan [18]. Sehingga dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode dengan pendekatan CPM yang meliputi hubungan aktivitas ketergantungan, jaringan CPM, perhitungan maju dan mundur, lintasan kritis dan *ganttt chart*. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah Menentukan waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan pendekatan CPM dan penjadwalan waktu proyek *modular house two storey* menggunakan *ganttt chart*.

Metode Penelitian

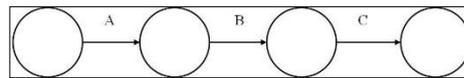
Metode penelitian ini menggunakan pendekatan CPM yang didalamnya meliputi penentuan penyelesaian seperti hubungan aktifitas ketergantungan, jaringan CPM, perhitungan maju dan mundur, perhitungan lintasan kritis dan *ganttt chart*. Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah uraian aktifitas, durasi aktifitas dan biaya anggaran proyek. Menurut [19], penentuan lintasan kritis dilakukan dengan perhitungan maju, perhitungan mundur dan *total float*. Penentuan penyelesaian perencanaan jadwal waktu proyek dengan menggunakan pendekatan CPM dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Pembuatan Tabel Hubungan Aktifitas Ketergantungan

Menyusun urutan satu dengan yang lain dalam proses membuat jaringan kerja didasarkan atas logika ketergantungan. Usaha menyusun urutan kegiatan yang akan mengikuti logika ketergantungan akan dipermudah dengan mencoba menjawab pertanyaan berikut:

- a. Kegiatan apa yang dimulai terlebih dahulu
- b. Mana kegiatan berikutnya yang akan dikerjakan
- c. Adakah kegiatan-kegiatan yang dapat berlangsung sejajar
- d. Perlukah mulainya kegiatan tertentu menunggu yang lain

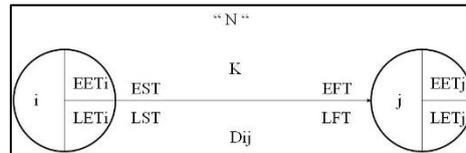
Logika aktifitas ketergantungan antar kegiatan dapat dilihat pada gambar 1, menunjukkan bahwa kegiatan B *predecessor* dari kegiatan A dan kegiatan C *predecessor* dari kegiatan B.



Gambar 1. Aktifitas ketergantungan

2. Menyusun Jaringan CPM

Menyusun jaringan CPM dengan menggunakan *activity on arrow* (AOA) yang terdiri dari anak panah dan lingkaran. Anak panah menggambarkan aktifitas sedangkan lingkaran menggambarkan kejadian (*event*). Kejadian (*event*) di awal anak panah disebut "I" sedangkan kejadian (*event*) di akhir panah disebut node "J" [20]. Simbol antar aktifitas dengan AOA digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Simbol antar aktifitas

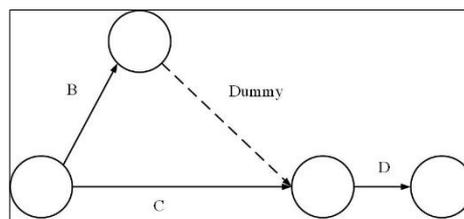
Keterangan:

- EET = Saat kejadian paling cepat
- LET = Saat kejadian paling lambat
- D_{ij} = Durasi waktu
- N = Nama kegiatan
- K = Kode kegiatan

Tahapan dalam menyusun jaringan adalah

- a. Identifikasi lingkup proyek dan menguraikannya menjadi komponen-komponen kegiatan.
- b. Menyusun komponen-komponen kegiatan sesuai urutan logika ketergantungan menjadi jaringan kerja.
- c. Memberikan perkiraan kurun waktu masing-masing kegiatan.
- d. Identifikasi lintasan kritis, *float* dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- e. Meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumber daya.

Penggunaan *dummy* untuk memecah kegiatan berulang. Kegiatan *dummy* digambarkan dalam jaringan kerja sebagai anak panah dengan garis putus dan merupakan alat dalam rangka mempertahankan logika ketergantungan sekaligus penomerannya pada diagram [21]. Untuk menggambarkan *dummy* bisa dilihat pada gambar 3 dimana kegiatan D tidak bisa dimulai sebelum kegiatan B dan C telah diselesaikan.



Gambar 3. Jaringan Dummy

Menurut [22], ada 2 teknik dalam membuat jaringan CPM, yaitu *standard network* dan *bus bar technique*. Ke-2 teknik tersebut digunakan untuk mengurai banyak aktivitas yang berasal dari satu *event*.

3.a. Menentukan Perhitungan Maju

Menggunakan perhitungan maju untuk memperoleh waktu mulai paling awal (*ES*) pada *I-Node* dan waktu mulai paling awal (*EF*) pada *J-Node* dari seluruh kegiatan, dengan mengambil nilai maksimumnya [20]. Besarnya nilai *EF* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$ES_j = EF_j - D_j \tag{1}$$

$$EF_j = ES_j + D_j \tag{2}$$

Dimana:

- ES (*Earliest Start*): saat paling cepat untuk mulai kegiatan
- EF (*Earliest Finish*): saat paling cepat untuk akhir kegiatan
- D: durasi kegiatan

3.b. Menentukan Perhitungan Mundur



Menggunakan perhitungan mundur untuk memperoleh waktu selesai paling lambat (LET_i) pada I -Node dan waktu selesai paling lambat (LET_j) pada J -Node dari seluruh kegiatan, dengan mengambil nilai minimumnya [20]. Besarnya nilai LF dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$LS_i = LF_j - D_{ij} \quad (3)$$

$$LF_j = LS_j + D_j \quad (4)$$

Dimana:

LF (*Latest Finish*): saat paling lambat untuk akhir kegiatan

LS (*Latest Start*): saat paling lambat untuk mulai kegiatan

D : durasi kegiatan

4. Menentukan Lintasan Kritis

Penentuan lintasan kritis dapat dilakukan dengan menguraikan jaringan kerja menjadi kelompok jalur kegiatan berdasarkan rangkaian penyelesaiannya kemudian memilih lintasan dengan rangkaian kegiatan yang terpanjang [23]. Menurut [24], menjelaskan bahwa dalam melakukan analisis jalur kritis, digunakan dua proses two-pass, terdiri atas forward pass dan backward pass. Cara lain untuk mengetahui jalur kritis adalah melalui *total float*. *Total float* merupakan jumlah waktu dimana waktu penyelesaian suatu kegiatan dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan [19]. *Total float* dihitung dengan mencari selisih antara saat paling lambat dimulainya kegiatan dengan saat paling cepat dimulainya kegiatan ($LS - ES$).

Besarnya nilai TF dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Total\ Float\ (TF) = LF - ES - D_{ij} = LS - ES \quad (5)$$

Dimana:

LF (*Latest Finish*): saat paling lambat untuk akhir kegiatan

ES (*Earliest Start*): saat paling cepat untuk mulai kegiatan

D : durasi kegiatan

Syarat lintasan kritis $TF=0$.

Lintasan kritis, lintasan hampir kritis dan lintasan kurang kritis dari segi pengelolaan yaitu:

a. Lintasan kritis

Lintasan ini memerlukan perhatian maksimal dari pengelola proyek terutama pada perencanaan dan implementasi pekerjaan yang bersangkutan.

b. Lintasan hampir kritis

Lintasan ini memerlukan prioritas perhatian dari pengelola proyek yang tidak sebesar pada kegiatan di lintasan kritis.

c. Lintasan kurang kritis

Kegiatan pada lintasan ini pada umumnya dianggap kurang memerlukan perhatian dari pimpinan proyek terutama dalam aspek jadwal.

5. Bagan *Gantt Chart*

Merupakan uraian pekerjaan dalam bentuk kolom secara arah *vertikal* dan *horizontal* dalam jadwal waktu. Keterkaitan aktifitas mulai dan akhir uraian pekerjaan terlihat jelas sedangkan durasi aktifitas ditunjukkan oleh diagram batang. *Gantt chart* dinilai cukup bermanfaat untuk melukiskan proyek dalam urutan kegiatan pokok disertai waktunya, merencanakan penggunaan sumber daya proyek dan memperlihatkan jadwal waktu yang menunjukkan bagaimana kegiatan-kegiatan proyek akan menuju pada setiap keluaran.

Menurut [20], bahwa proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Daftar item kegiatan

Berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.

2. Urutan pekerjaan

Dari daftar kegiatan kemudian disusun urutan pelaksanaan pekerjaan yang berdasarkan prioritas kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu.

3. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

6. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya proyek adalah suatu proses perhitungan volume pekerjaan, harga dari berbagai macam bahan dan pekerjaan yang terjadi pada suatu konstruksi [25]. Menurut [26], anggaran biaya proyek disusun

dengan tujuan untuk mengetahui berapa *budgeting* dari proyek tersebut. Sebelum pelaksanaan proyek dilaksanakan pihak estimator membuat estimasi dengan tujuan adalah untuk mendapatkan informasi yang se jelas-jelasnya tentang biaya yang harus dikeluarkan.

Berikut biaya yang direncanakan untuk pekerjaan proyek *modular house two storey* adalah:

Biaya pekerjaan:

$$\text{Biaya volume pekerjaan} \times \text{Harga satuan bahan} \tag{6}$$

Biaya upah proyek:

$$\text{Biaya upah harian} \times \text{Durasi aktivitas} \tag{7}$$

Biaya upah pekerja ditetapkan pekerja harian, yakni:

- a. Rp. 150.000 untuk ahli tukang
- b. Rp. 100.000 untuk *helper*

Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan melalui studi lapangan, dokumentasi dan wawancara maka hasil pembahasan perencanaan proyek *modular house two storey* menggunakan pendekatan CPM adalah sebagai berikut:

1. Hubungan Aktifitas Ketergantungan

Mengidentifikasi lingkup proyek dan menguraikannya menjadi kegiatan-kegiatan komponen proyek. Kemudian menyusun kembali komponen tersebut menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai dengan logika ketergantungan. Selanjutnya memberikan durasi waktu dan biaya proyek ke dalam masing-masing kegiatan. Uraian hubungan ketergantungan dijelaskan pada Tabel 1.

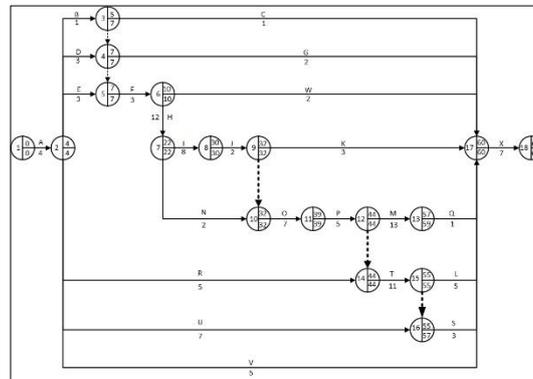
Tabel 1. Hubungan aktifitas ketergantungan

Aktiv..	Uraian Pekerjaan	Durasi	Predecessor	Biaya (Rp)
A	Dokumen	4	-	-
B	Pengkuran	1	A	496.000
C	Bowplank	1	B	1.070.000
D	Galian Tanah	3	A	3.750.000
E	Pondasi	3	A	5.455.600
F	Pengecoran	3	B,D,E	8.287.000
G	Timbunan Tanah	2	D	2.250.000
H	Struktur	12	F	56.706.000
I	Panel Dinding	8	H	26.744.000
J	Kusen ,Jendela I	2	I	5.583.000
K	Keramik & K.M	3	J	4.280.418
L	Tangga	5	T	12.250.000
M	Plafon	13	P	6.471.000
N	Lantai Panel	2	H	8.820.000
O	Panel Dinding	7	N,J	4.230.000
P	Kusen, Jendela II	5	O	6.930.000
Q	Lantai Vinyl	1	M	5.175.000
R	Gypsum	5	A	4.786.000
S	Pintu & Jendela	3	A,T	9.825.000
T	Rangka Atap	11	R,P	14.975.000
U	Instalasi Listrik	7	A	5.811.500
V	Plumbing	5	A	5.270.000
W	Sanitair	2	F	16.115.205
X	Finishing	7	C,G,W,K,Q L,S,A	13.360.457

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa penentuan logika ketergantungan dilakukan dengan kegiatan yang mendahului (*predecessor*). Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa aktifitas B memiliki *predecessor* A artinya. Kegiatan yang mendahului dari aktifitas B adalah aktifitas A. Aktifitas B dimulai setelah aktifitas A selesai dilakukan. Untuk aktifitas F memiliki *predecessor* B,D,E artinya kegiatan yang mendahului aktifitas F adalah aktifitas B,D,E. Aktifitas F dimulai setelah aktifitas B,D,E selesai dilakukan.

2. Menyusun Jaringan CPM

Berdasarkan hasil uraian hubungan aktifitas ketergantungan dilanjutkan dengan menyusun komponen kegiatan sesuai urutan logika ketergantungan menjadi jaringan kerja. Pada gambar 4, menunjukkan jaringan CPM berbentuk paralel dimana aktifitasnya terdapat anak panah dan jumlah durasi masing-masing aktifitas proyek. Selanjutnya melakukan perhitungan maju untuk mendapatkan nilai *ES* dan *EF*. Hasil perhitungan mundur untuk mendapatkan nilai *LF* dan *LS*. Hasil jaringan CPM menggunakan *bus bar technique* dengan penomoran *node* secara vertikal diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Jaringan CPM

Jaringan CPM proyek *modular house two storey* memiliki 24 aktifitas proyek, 18 *node* dan 5 *dummy*. Berikut beberapa aktifitas jaringan CPM, yakni:

Event

- (0) Proyek dimulai
- (1 - 2) Persiapan dokumen
 Mempersiapkan dokumen, peralatan dan tenaga kerja yang dibutuhkan dengan durasi 4 hari.
- (2 - 3) Pekerjaan pengukuran
 Pengukuran dengan durasi 1 hari dapat dimulai setelah dokumen selesai dikerjakan.
- (2 - 4) Pekerjaan galian
 Pekerjaan galian dengan durasi 3 hari dapat dimulai setelah pengukuran selesai dikerjakan.
- (2 - 5) Pekerjaan pondasi
 Pekerjaan pondasi dengan durasi 3 hari dapat dimulai setelah galian selesai.
- (5 - 6) Pekerjaan pengecoran
 Pekerjaan pengecoran dengan durasi 3 hari dapat dimulai setelah pondasi selesai dikerjakan.
- (6 - 7) Pekerjaan struktur
 Pekerjaan struktur dengan durasi 12 hari dapat dimulai setelah pengecoran selesai dikerjakan.

3. Menentukan Perhitungan Maju dan Mundur

Berdasarkan jaringan CPM pada gambar 4, maka hasil perhitungan maju dengan durasi *EF* maksimum ada pada aktifitas X yakni 67. Untuk perhitungan mundur dengan durasi *LS* minimum ada pada aktifitas A yakni 0. Hasil perhitungan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan maju dan mundur

Kegiatan		Durasi	Paling Awal		Paling Akhir	
Aktifitas	(I - J)	t	ES	EF	LS	LF
A	(1-2)	4	0	4	0	4
B	(2-3)	1	4	5	6	7
C	(3-17)	1	5	6	59	60
D	(2-4)	3	4	7	4	7
E	(2-5)	3	4	7	4	7
F	(5-6)	3	7	10	7	10
G	(4-17)	2	7	9	58	60
H	(6-7)	12	10	22	10	22
I	(7-8)	8	22	30	22	30
J	(8-9)	2	30	32	30	32
K	(9-17)	3	32	35	57	60
L	(15-17)	5	55	60	55	60
M	(12-13)	13	44	57	46	59

N	(7-10)	2	22	24	30	32
O	(10-11)	7	32	39	32	39
P	(11-12)	5	39	44	39	44
Q	(13-17)	1	57	58	59	60
R	(2-14)	5	4	9	39	44
S	(16-17)	3	55	58	57	60
T	(14-15)	11	44	55	44	55
U	(2-16)	7	4	11	50	57
V	(2-17)	5	4	9	55	60
W	(6-17)	2	10	12	58	60
X	(17-18)	7	60	67	60	67

Untuk menghitung besarnya nilai *EF* perhitungan maju maka perhitungan dilakukan sebagai berikut:
 Dimulai dari kegiatan awal yaitu A

$$EF_j = ES_i + D_{ij}$$

Kegiatan A

$$EF(2) = ES(1) + D(A) \\ = 0 + 4 = 4$$

Kegiatan B

$$EF(3) = ES(2) + D(B) \\ = 4 + 1 = 5$$

Kegiatan D

$$EF(4) = ES(2) + D(D) \\ = 4 + 3 = 7$$

Untuk menghitung besarnya nilai *LS* perhitungan mundur maka perhitungan dilakukan sebagai berikut:
 Dimulai dari kegiatan akhir yaitu X

$$LS_i = LF_j - D_{ij}$$

Kegiatan X

$$LS(17) = LF(18) - D(X) \\ = 67 - 7 = 60$$

Kegiatan Q

$$LS(13) = LF(17) - D(Q) \\ = 60 - 1 = 59$$

Kegiatan L

$$LS(15) = LF(17) - D(L) \\ = 60 - 5 = 55$$

4. Menentukan Lintasan Kritis

Menentukan lintasan kritis dapat dilakukan setelah mendapatkan nilai perhitungan maju dan mundur. Syarat lintasan kritis $TF=0$. Dengan rumus lintasan kritis $TF = LF - ES - D_{ij}$ atau $TF = LS - ES$. Lintasan kurang kritis mempunyai nilai maksimum $TF=54$ ada pada aktifitas C. Lintasan hampir kritis mempunyai nilai minimum $TF=2$ ada pada aktifitas M. Perhitungan lintasan kritis diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan lintasan kritis

Aktifitas	Durasi	Paling Awal		Paling Akhir		TF	Keterangan
	t	ES	EF	LS	LF		
A	4	0	4	0	4	0	kritis
B	1	4	5	6	7	2	Hampir kritis
C	1	5	6	59	60	54	Kurang kritis
D	3	4	7	4	7	0	kritis
E	3	4	7	4	7	0	kritis
F	3	7	10	7	10	0	kritis
G	2	7	9	58	60	51	Kurang kritis
H	12	10	22	10	22	0	kritis
I	8	22	30	22	30	0	kritis
J	2	30	32	30	32	0	kritis



Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa perencanaan jadwal waktu proyek *modular house two storey* menggunakan pendekatan CPM menghasilkan waktu penyelesaian proyek selama 67 hari dengan biaya pembangunan proyek sebesar Rp. 228.641.680,-. Perencanaan jadwal waktu proyek yang didapatkan berdasarkan urutan aktifitas proyek lintasan kritis, lintasan hampir kritis dan lintasan kurang kritis menghasilkan aktifitas A-D-E-F-H-I-J-O-P-T-L-X-B-M-Q-S-N-K-R-U-W-V-G-C. Dengan adanya perencanaan jadwal waktu proyek ini biaya, waktu serta kinerja dapat direncanakan dan dikendalikan secara optimal.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh penulis ingin memberikan saran untuk perbaikan yang lebih baik bagi kemajuan penelitian. Adapun saran dari penulis yaitu perencanaan jadwal waktu proyek *modular house two storey* menggunakan pendekatan CPM sebaiknya ditambahkan metode *crashing time* sehingga diketahui biaya percepatan proyek. Disamping itu, penambahan kurva-S untuk pengendalian proyek secara detail dengan bobot persentase setiap aktifitas pekerjaan proyek. Sebagai alternatif untuk biaya tenaga kerja dapat dihitung lebih detail menggunakan harga satuan bahan dan harga satuan pekerja.

Daftar Pustaka

- [1] F. Andra, M. H. Hasyim, and K. P. Negara, "Studi Kelayakan Finansial Proyek Perumahan Griya Mapan Di Kabupaten Sumenep." Brawijaya University, 2015.
- [2] F. Rangkuti, *Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1997.
- [3] M. R. Handika and G. S. Darma, "Strategi pemasaran bisnis kuliner menggunakan influencer melalui media sosial instagram," *J. Manaj. Bisnis*, vol. 15, no. 2, pp. 192–203, 2018.
- [4] C. B. Tatum, "Improving constructibility during conceptual planning," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 113, no. 2, pp. 191–207, 1987.
- [5] W. E. Hesler, "Modular design-where it fits," *Chem. Eng. Prog.*, vol. 86, no. 10, pp. 76–80, 1990.
- [6] R. Teguh and S. Sudiadi, *Manajemen Proyek*. Palembang: STMIK MDP, 2015.
- [7] M. I. Hamdy, "Identifikasi Waste Proyek Konstruksi Jalan dengan Menggunakan Metode Lean Project Management," vol. 5, no. 2, pp. 115–125, 2019.
- [8] Yono, C. Indra, Wahyudi, and Riswanto, "Pengaruh Keterlambatan Proyek Terhadap Pembengkakan Biaya Proyek," Universitas kristen petra, 2006.
- [9] J. Gido and J. Clements, *Successful Project Management*, Sixth. Stamford: Cengage Learning, 2015.
- [10] R. Arsi, B. Setiawan, and H. Adeswastoto, "Evaluasi Jadwal Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Dengan Metode Program Evaluation And Review Technique (Pert)," *Artik. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 37–48, 2021.
- [11] A. Nalhadi and N. Suntana, "Analisa Infrastruktur Desa Sukaci-Baros Dengan Metode Critical Path Method (CPM)," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 1, no. 1, p. 35, 2017, doi: 10.30656/jsmi.v1i1.167.
- [12] D. Hamdan and N. Kadar, *Manajemen Proyek*. Bandung: Pustaka Setia, 2014.
- [13] A. Rahmana, "Framework Of Project Quality Management: <https://doi.org/10.37178/ca-c.23.1.144>," *Cent. ASIA CAUCASUS*, vol. 23, no. 1, pp. 1420–1426, 2022.
- [14] A. Husen, *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Andi, 2009.
- [15] A. Arianto, "Eksplorasi Metode Bar Chart, CPM, PDM, PERT, Line of Balance dan Time of Chainage Diagram dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi," Universitas Diponegoro, 2010.
- [16] M. S. Wijaya, E. Ismiyah, and A. W. Rizqi, "Penjadwalan Proyek Instalasi Castable In Rotary Kiln Dengan Metode Critical Path Method (CPM)," *J. Sains, Teknol. dan Ind. SITEKIN*, vol. 19, no. 2, pp. 407–413, 2022.
- [17] A. Abdurrasyid, L. Luqman, A. Haris, and I. Indrianto, "Implementasi metode PERT dan CPM pada sistem informasi manajemen proyek pembangunan kapal," *Khazanah Inform. J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 28–36, 2019.
- [18] H. Zaharuddin, *Menggali Potensi Wirausaha*, Second Edi. Bekasi: CV Anugrah Prakasa, 2006.
- [19] T. Dimiyati and A. Dimiyati, *Operations Research*. Bandung: Sinar Baru Algensindo, 2010.
- [20] W. Ervianto, *Manajemen Proyek Kontruksi*. Yogyakarta: Andi, 2005.
- [21] I. Dipohusodo, *Manajemen Proyek dan Kontruksi Jilid 1 & Jilid 2*. Yogyakarta: Kanisius, 1996.
- [22] J. O'Brien, *CPM in Construction Management*. New York: McGraw Hill, Inc, 1993.
- [23] Siswanto, *Operations Research*. Jakarta: Erlangga, 2007.
- [24] J. Heizer and B. Render, *Operations Management*. Jakarta: Salemba Empat, 2005.
- [25] A. Sastraatmadja, *Analisa Anggaran Biaya dan Pelaksana*. Bandung: Nova, 1984.
- [26] I. Mahapatni, *Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi*. Bali: UNHI Press, 2019.