

Evaluasi Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Crashing

Evaluation of building construction Stroke Center (Paviliun Flamboyan) using the Critical Path Method (CPM) And Crashing Method

Nihayatus Sa'adah¹, Evany iqrammah², Tri Rijanto³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng, Jombang, 61411, Indonesia.

Email : nihaya.as98@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng, Jombang, 61411, Indonesia.

Email : vany010810.unhasy@gmail.com

³Prgram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya, 60231, Indonesia.

Email : tririjanto@unesa.ac.id

Abstrak

Kegiatan pembangunan proyek konstruksi sering terjadi keterlambatan. Pelaksanaan proyek konstruksi dibatasi oleh waktu dengan rencana biaya yang sudah ditentukan dalam perencanaan. Pengendalian yang tepat dapat mengurangi risiko terjadinya keterlambatan serta pembengkakan biaya. Salah satu proyek yang mengalami keterlambatan adalah pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) RSUD Jombang. Faktor yang menjadi penyebab yaitu: (1) kurangnya kesiapan alat yang digunakan untuk mengakses ke tempat pembangunan, (2) posisi struktur tidak sesuai dengan perencanaan sehingga terjadi pembongkaran dan pengecoran ulang, (3) jalur mobilitas traffic alat berat yang sulit untuk mengakses ke tempat pembangunan sehingga berdampak terhadap pelaksanaan. Tujuan penelitian ini adalah (1) memperoleh informasi waktu pekerjaan pelaksanaan (2) mengetahui perbandingan biaya dan waktu adanya percepatan waktu pelaksanaan proyek. Metode yang dipakai adalah metode CPM (Critical Path Method) yang digunakan untuk menganalisis lintasan kritis yang fokus pada pekerjaan struktur beton dan menggunakan metode Crashing untuk mengetahui perbandingan biaya dan waktu akibat adanya percepatan (crashing). Hasil analisa pada penelitian ini diperoleh durasi pelaksanaan pekerjaan bangunan proyek secara normal. Dari analisa dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur) yaitu lebih hemat menggunakan alternatif jam kerja lembur dengan perbandingan sebesar 0.010%.

Kata Kunci: Critical path method (CPM);, percepatan; waktu; biaya

Abstract

Construction project development activities often occur delays. The implementation of construction projects is limited by time with a cost plan that has been determined in the planning. Proper control reduces the risk of delays and cost overruns. One of the projects experiencing delays in development Gedung Stroke Center Paviliun Flamboyan RSUD Jombang. The factors that cause it are: (1) the lack of readiness of the tools used to access the construction site, (2) the position of the structure is not in accordance with the planning so that demolition and re-casting occur, (3) heavy equipment mobility traffic that is difficult to access to the construction site so that it has an impact on the implementation. The purpose of this study is (1) to obtain information on the time of execution of work (2) to determine the cost and time comparison of the acceleration of project implementation time. The method used is the CPM (Critical Path Method) method which is used to analyze the critical path that focuses on concrete structural work and uses the Crashing method to determine the comparison of costs and time due to acceleration (crashing). The results of the analysis in this study obtained the duration of the implementation of project building work normally. From the analysis with the alternative addition of manpower and working hours (overtime), it is more efficient to use alternative hours of overtime with a ratio of 0.010%.

Keywords: Critical path method (CPM), crashing, time, cost

PENDAHULUAN

Pembangunan proyek konstruksi di Indonesia menjadi tantangan tersendiri bagi dunia jasa konstruksi. Perusahaan dalam mengelola suatu proyek harus profesional, karena hal itu selalu dituntut untuk mendapatkan hasil yang baik, biaya yang bersaing dan mengerjakan sesuai prosedur waktu yang telah ditetapkan dalam perjanjian. Pada proyek penelitian ini terdapat kendala saat pembangunan proyek, baik kendala yang memang sudah diperhitungkan maupun kendala yang di luar perhitungan perencanaan. Adapun kendala yang dialami pada pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan), kurangnya kesiapan alat mobabilitas *traffic* alat berat yang digunakan untuk mengakses ke tempat pembangunan, posisi struktur tidak sesuai dengan proyek perencanaan sehingga terjadi pembongkaran dan pengecoran ulang.

Penelitian ini menganalisis di bagian aspek pekerjaan struktur beton yang mengalami *critical*, kemudian pada pekerjaan pasangan yang berada di minggu ke-10 juga mengalami *critical* (lintasan kritis). Lintasan dengan total durasi pekerjaan paling panjang disebut sebagai lintasan kritis. Analisa yang digunakan *network planning* yaitu untuk menganalisis lintasan kritis mengetahui perbandingan biaya dan waktu akibat adanya percepatan (*crashing*). Penelitian ini bermanfaat meminimalisir keberhasilan pembangunan proyek dengan melakukan analisa percepatan penyelesaian proyek menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan menggunakan *Crashing*. Sehingga metode ini dapat mengefisienkan waktu serta menghemat biaya pengerjaan proyek konstruksi.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil analisis perhitungan evaluasi waktu pekerjaan pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) RSUD Jombang dengan metode CPM (*Critical Path Method*) dan *Crashing*?
2. Bagaimana hasil perhitungan biaya (*cost*) yang diperlukan dengan adanya percepatan waktu pada pelaksanaan Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) RSUD Jombang dengan metode CPM (*Critical Path Method*) dan *Crashing*?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai di dalam penulisan artikel antara lain ialah sebagai berikut.

1. Memperoleh informasi evaluasi waktu pekerjaan pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) RSUD Jombang.
2. Mengetahui perbandingan biaya akibat adanya percepatan waktu pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) RSUD Jombang.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode *Critical Path Method* (CPM)

Critical Path Method (CPM) di dasarkan pada aspek yang memakai kesetaraan antara durasi dan anggaran linear. Setiap aktivitas diselesaikan lebih awal dari durasi normal dengan cara melewati aktivitas untuk sejumlah anggaran tertentu. Oleh dari itu, apabila durasi penyelesaian proyek kurang memuaskan maka, kegiatan tertentu akan dilewati untuk bisa memutuskan proyek dalam durasi yang lebih pendek. CPM dapat memperkirakan durasi yang diperlukan dalam melakukan pelaksanaan kegiatan proyek dan dapat menetapkan prioritas kegiatan yang harus memperoleh pengawasan secara efisien sehingga kegiatan bisa terselesaikan sesuai dengan perencanaan. Metode ini disebut sebagai jalur kritis, dikarenakan pada metode ini akan membentuk sebuah jaringan lintasan kritis yang harus mendapat perhatian pengawasan secara khusus.

Jaringan Kerja

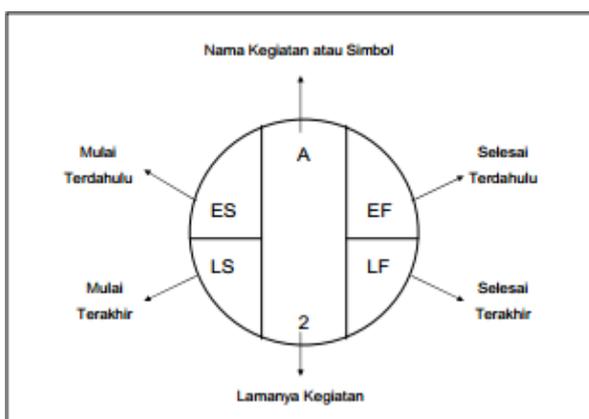
Perencanaan jaringan (*Network planning*) pada dasarnya dapat berupa hubungan yang saling mempengaruhi antara bagian pekerjaan pada diagram jaringan. Dapat dinyatakan bahwa bagian pekerjaan yang perlu didahulukan, sehingga dapat dipakai sebagai dasar dalam penyelesaian pekerjaan berikutnya serta dapat juga dilihat bahwa pekerjaan tidak dapat dimulai apabila kegiatan yang awal belum selesai. Simbol-simbol yang digambarkan dalam diagram jaringan kerja yaitu.

- a)  (anak panah/busur), mewakili suatu kegiatan yang diperlukan oleh proyek. Kegiatan di sini diartikan sebagai hal yang membutuhkan durasi tertentu dalam penggunaan berbagai sumber daya (sumber tenaga, peralatan, bahan, biaya).

- b) ○ (lingkaran kecil/simpul/node), mewakili suatu peristiwa. Kejadian ini didefinisikan sebagai awal pertemuan dari beberapa kegiatan. Sebuah kejadian mewakili beberapa batas durasi yang juga mewakili dalam penyelesaian beberapa kegiatan, oleh karena itu titik awal serta akhir suatu kegiatan ditentukan oleh dua peristiwa.
- c) - - - ► (anak panah terputus-putus), menyatakan semua aktivitas dummy. Setiap panah memiliki peranan *double* dalam mewakili aktivitas dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai aktivitas. Dummy ini bermanfaat sebagai pembatas awal aktivitas, panjang dan kemiringan dummy tidak memiliki arti sehingga tidak perlu di skala.
- d) —► (anak panah tebal), adalah aktivitas pada jalur kritis.

Lintasan Kritis

Heizer dan Render (2005) menjelaskan bahwa dalam melakukan analisis jalur kritis, digunakan dua proses two-pass, terdiri atas forward pass dan backward pass. ES dan EF ditentukan selama forward pass, LS dan LF ditentukan selama backward pass. ES (earliest start) adalah waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai. EF (earliest finish) merupakan waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai. LS (latest start) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (latest finish) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.



Gambar 1. Notasi yang Digunakan pada Node Kegiatan

Metode Percepatan Crashing

Crashing merupakan metode yang disengaja, sistematis, dan analitis dengan menguji semua

aktivitas dalam proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada di jalur kritis. Terminologi proses *crashing* adalah dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Metode ini dapat berupa suatu proses dalam mengurangi durasi penyelesaian proyek yang diselesaikan secara sengaja. Metode *Crashing* berfungsi untuk mengoptimalkan durasi kerja tetapi dengan biaya yang efisien. Metode *crashing* dalam pelaksanaan proyek pasti akan mengalami kondisi *time cost trade of* dalam durasi pengerjaan dengan tambahan biaya yang efisien. Metode *crashing* dikonsentrasikan pada pengurangan durasi aktivitas terhadap jalur kritis. jalur kritis termasuk pengaruh besar pada keterlambatan proyek karena tidak ada kelonggaran durasi jalur kritis. terdapat beberapa metode yang digunakan dalam melakukan metode crashing yaitu.

Penambahan Tenaga Kerja

Produktivitas tenaga kerja merupakan besarnya kuantitas pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh seorang tenaga kerja setiap harinya. John Soeprihanto menyatakan bahwa produktivitas dapat berupa perselisihan antara hasil yang diperoleh dengan kebutuhan sumber daya yang terpengaruh secara umum atau perselisihan total produksi (*output*) dengan sumber daya yang digunakan (*input*).

$$\text{Produktivitas tenaga kerja} = \frac{1}{\text{koefisien tenaga kerja}}$$

Terdapat persamaan yang menyatakan produktivitas tenaga kerja menurut Cornelia (2003), yaitu.

$$\text{Produktivitas tenaga kerja} = \frac{V}{T \times N}$$

Dimana :

V = Kuantitas pekerjaan

T = Durasi pekerjaan

n = Jumlah tenaga kerja

Tenaga kerja adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan guna menghasilkan barang dan atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun untuk masyarakat. Sedangkan ketenagakerjaan merupakan segala hal yang berhubungan dengan tenaga kerja pada saat sebelum kerja atau selama masa kerja. Jam kerja pada umumnya yaitu 7 jam setiap hari serta 40 jam per minggu selama 6 hari bekerja. Karyawan yang bekerja 5 hari di kurun waktu seminggu dikenai kewajiban 8 jam per hari serta 40 jam dalam waktu seminggu (UU No. 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan).

Penambahan Jam Kerja Lembur

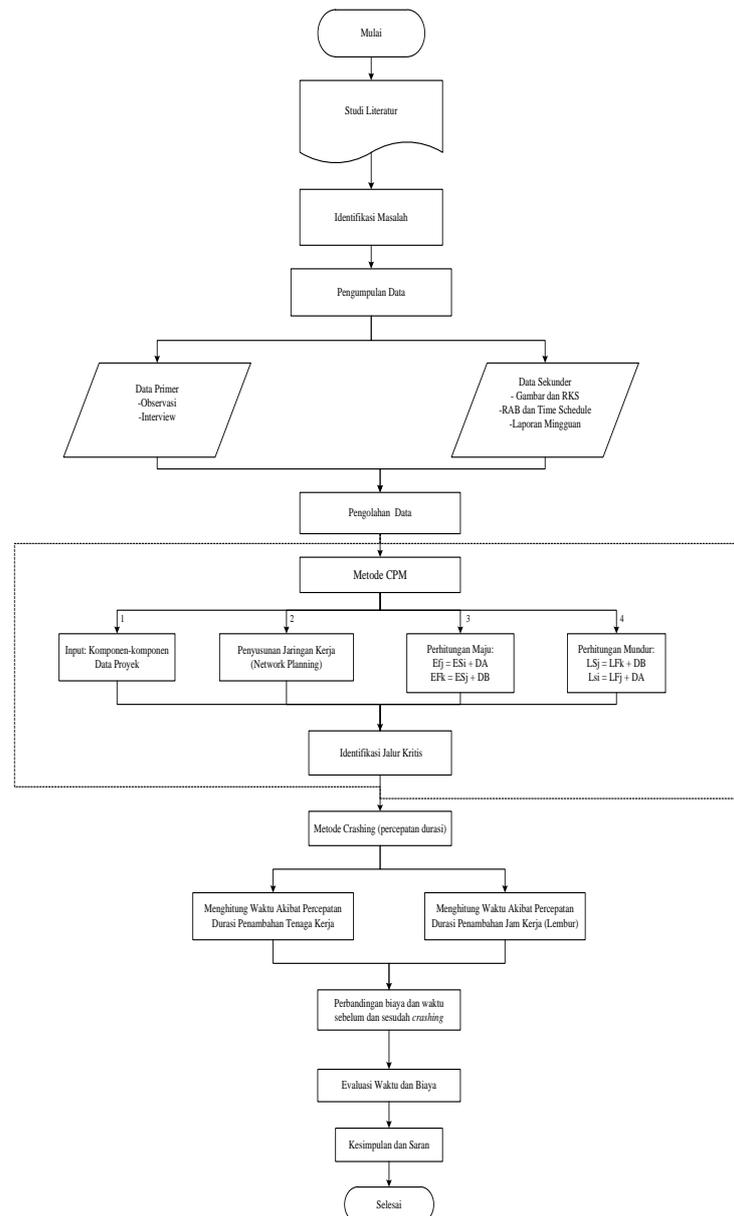
Pekerja yang dikerjakan saat di luar jam kerja yaitu dinamakan dengan pekerjaan jam kerja lembur. Perencanaan kerja yang diterapkan untuk mempersingkat pelaksanaan pekerjaan yaitu dengan menggunakan tambahan jam kerja sebagai berikut.

1. Durasi normal dalam jam kerja ialah 8 jam, apabila akan dilakukan jam kerja lembur yaitu setelah jam normal selesai.
2. Perhitungan upah jam lembur menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur Pasal 11, yang sebelumnya sudah diatur pada pasal 3 & 8 diperhitungkan sebagai berikut.
 - a. Perhitungan upah lembur berdasarkan pada upah bulanan.
 - b. Cara menghitung upah lembur per jam adalah $1/173$ kali upah sebulan. Rumus.
 - 1) Upah jam lembur pertama = $1,5 \times 1/173 \times$ upah sebulan
 - 2) Upah jam lembur kedua dan seterusnya = $2 \times 1/173 \times$ upah sebulan
 - c. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (tiga) jam dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.

METODE

Diagram Alir Penelitian

Proyek pembangunan berlokasi di Jln. Wahid Hasyim No. 52, Kec. Jombang, Kab. Jombang, Jawa Timur 64212 yang dikerjakan oleh CV. Elemen Tiga Tiga. Objek penelitian adalah proyek pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan), berupa analisa untuk mengevaluasi waktu penjadwalan proyek yang diakibatkan oleh keterlambatan proyek. Metode penelitian ini bertujuan untuk mengetahui durasi dan anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan konstruksi dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Crashing*. Dalam menganalisis data yaitu dengan teknik metode analitis dan teknik metode deskriptif. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian
(Sumber: Analisis Penelitian 2021)

Adapun penjelasan tahapan atau prosedur yang akan dilakukan terhadap penelitian ini yaitu.

1. Studi pustaka yaitu merupakan bahan referensi atau sumber informasi yang dijadikan sebagai acuan pada penelitian penulisan artikel.
2. Tahapan pengumpulan data di dalam penelitian ini yaitu berkaitan dengan data primer seperti interview kepada pihak yang bersangkutan dan data sekunder yaitu meliputi: Time Schedule, *Shop Drawing*, dan Laporan Mingguan proyek pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan).
3. Analisis Data
 - a. Tahapan awal pengolahan yaitu menggunakan metode CPM dengan memakai data yang telah diperoleh dari

hasil studi pengumpulan data sebelumnya.

- b. Tahapan analisis selanjutnya yaitu menggunakan metode *Crashing* dilakukan setelah lintasan kritis diketahui. Pada metode *Crashing* melakukan percepatan durasi proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Analisa Metode *Critical Path Method* (CPM)

1. Penyusunan *Work Breakdown Structure*

Tahapan awal dalam pengolahan dan analisis data yaitu menyusun *Work Breakdown Structure* (WBS) yang digunakan untuk melakukan penguraian terhadap masing-masing pekerjaan dalam proyek supaya lebih jelas dan spesifik. Dengan WBS, pekerjaan dalam proyek maka akan terbagi menjadi sub pekerjaan atau aktivitas dimana disusun berdasarkan level.

Tabel 1. Ketergantungan Kegiatan Proyek Gedung Stroke Center (Paviliun)

No.	Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan	Predecessors	Estimated Time
LANTAI 1				
1	Lantai kerja 5 cm	A	-	31
2	Strous ϕ 30 cm	B	A	26
3	Pondasi Plat beton menerus 20/100	C	A	21
4	Pondasi Plat 140x140x50cm K250	D	B	11
5	Pondasi Plat 50x140x50cm K250	E	A	21
6	Sloof 20/30 K250	F	D,B	16
7	Kolom Beton 35/35	G	C	21
8	Kolom Beton 15/15	H	R	6
9	Balok 20/30	I	F	6
10	Balok 15/30	J	G	6
11	Balok 25/45	K	I	6
12	Plat deck t=12 cm	L	J	6
13	Balok lantai 12/20	M	K	11
14	Kanopi 5/50	N	P	6
LANTAI 2				
15	Kolom Beton 35/35	O	Q,M	6
16	Kolom Beton 15/15	P	E	11
17	Balok 20/30	Q	K	16
18	Balok 15/30	R	AB	16
19	Balok 25/45	S	P	16
20	Plat deck t=12 cm	T	V	16
21	Plat deck selasar t=8 cm	U	T,O	6
22	Balok lantai 12/20	V	W,X	6
23	Kanopi 5/50	W	L	21
24	Pas. WF 250.125.6.9	X	L	21
LANTAI 3				
25	Kolom Beton 35/35	Y	U,O	11
26	Kolom Beton 15/15	Z	N	11

No.	Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan	Predecessors	Estimated Time
27	Balok 20/30	AA	AD	11
28	Balok 15/30	AB	AC	11
29	Balok 25/45	AC	Z,AA	11
30	Balok 15/25	AD	S	6
31	Konsol 20/30	AE	T	11
32	Plat deck t=12 cm	AF	Y,H	11
33	Balok lantai 12/20	AG	AF	21
34	Kanopi 5/50	AH	AG,AE	21

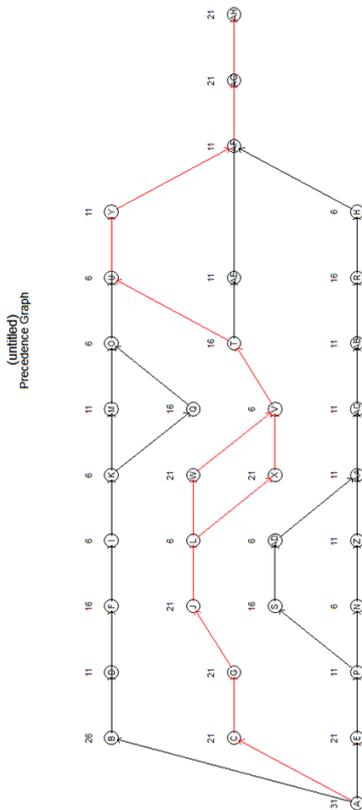
(Sumber: Hasil Analisis 2021)

2. Mengembangkan Hubungan Antara Aktivitas

Tahapan dalam penyusunan suatu kegiatan untuk menghasilkan mata rantai yang sesuai dengan perkiraan logika ketergantungan *network planning*. Hasil dari mata rantai penyusunan kegiatan yang sesuai logika merupakan suatu dasar dalam pembuatan *network planning*, sehingga dapat diketahui urutan awal sampai akhir penyelesaian proyek. Terdapat beberapa kemungkinan yang terjadi dalam *network planning* dari hubungan antar kegiatan yang disusun menjadi mata rantai.

3. Pembuatan *Network Diagram*

Tahapan ini dilakukan pembuatan *network diagram* atau jaringan kerja pada Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan). *Network diagram* dibentuk berdasarkan logika ketergantungan suatu aktivitas dengan aktivitas lain dalam menyelesaikan proyek secara keseluruhan. Penyusunan *network diagram* pada proyek dengan menggunakan pendekatan AON (*Activity on Node*). Berikut Gambar *network diagram* atau jaringan kerja dari Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) dengan menggunakan *software POM For Windows V4*.



Gambar 3. Network Diagram Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan)
(Sumber: Hasil Analisis 2021)

4. Identifikasi Jalur Kritis

Penetapan lintasan kritis dalam analisa ini menggunakan POM *For Windows V4* yang ditampilkan dalam diagram. Setelah *network diagram* dibuat tahapan selanjutnya yaitu mengidentifikasi jalur kritis dengan menggunakan *Critical Path Method (CPM)* pada Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan). Dengan CPM, maka dapat mengetahui lintasan kritis yang memiliki rangkaian aktivitas dengan jumlah durasi terpanjang. Jalur kritis dapat ditentukan terlebih dahulu dengan melakukan 2 cara perhitungan yaitu *forward pass* dan *backward pass* untuk menentukan *Earliest Start (ES)*, *Earliest Finish (EF)*, *Latest Start (LS)*, dan *Latest Finish (LF)*.

Tabel 2. Hasil Perhitungan CPM Dan Crashing

No.	Activity	Estimated Time	ES	EF	LS	LF	Slack	On Critical Path
1	A	31	0	31	0	31	0	Kritis
2	B	26	31	57	67	93	36	Non kritis
3	C	21	31	52	31	52	0	Kritis
4	D	11	26	37	93	104	67	Non kritis
5	E	21	31	52	67	88	36	Non kritis
6	F	16	57	73	104	120	47	Non kritis
7	G	21	52	73	52	73	0	Kritis
8	H	6	134	140	154	160	20	Non kritis

No.	Activity	Estimated Time	ES	EF	LS	LF	Slack	On Critical Path
9	I	6	73	79	120	126	47	Non kritis
10	J	21	73	94	73	94	0	Kritis
11	K	6	79	85	126	132	47	Non kritis
12	L	6	94	100	94	100	0	Kritis
13	M	11	85	96	132	143	47	Non kritis
14	N	6	63	69	99	105	36	Non kritis
15	O	6	101	107	143	149	42	Non kritis
16	P	11	52	63	88	99	36	Non kritis
17	Q	16	85	101	127	143	42	Non kritis
18	R	16	118	134	138	154	20	Non kritis
19	S	16	63	79	83	99	20	Non kritis
20	T	16	127	143	127	143	0	Kritis
21	U	6	143	149	143	149	0	Kritis
22	V	6	121	127	121	127	0	Kritis
23	W	21	100	121	100	121	0	Kritis
24	X	21	100	121	100	121	0	Kritis
25	Y	11	149	160	149	160	0	Kritis
26	Z	11	69	80	105	116	36	Non kritis
27	AA	11	85	96	105	116	20	Non kritis
28	AB	11	107	118	127	138	20	Non kritis
29	AC	11	96	107	116	127	20	Non kritis
30	AD	6	79	85	99	105	20	Non kritis
31	AE	11	143	154	181	192	38	Non kritis
32	AF	11	160	171	160	171	0	Kritis
33	AG	21	171	192	171	192	0	Kritis
34	AH	21	192	213	192	213	0	Kritis

(Sumber: Hasil Analisis 2021)

Tahapan Analisa Metode *Crashing*

1. Analisa Penambahan Tenaga Kerja

Analisa pada penambahan tenaga yaitu menggunakan penambahan 15% dari jumlah pekerja.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Penambahan Tenaga Kerja

No	Uraian Pekerjaan	Normal Tenaga Kerja	Penambahan 15% Tenaga Kerja
1	Lantai Kerja 5 cm	13	16
2	Fondasi Plat Beton Menerus 20/100	19	23
3	Kolom Beton 35/35	7	10
4	Balok 15/30	1	2
5	Plat Deck t=12 cm	14	16
6	Plat Deck t=12 cm	14	16
7	Plat Deck Selasar t=8 cm	1	2
8	Balok Lantai 12/20	1	2
9	Kanopi 5/50	1	2
10	Pas WF 250.125.6.9	4	6
11	Plat Deck t=12 cm	12	15
12	Balok Lantai 12/20	1	2
13	Kanopi 5/50	1	2

(Sumber: Hasil Analisis 2021)

Tabel 4. Perhitungan Upah Dan Durasi Dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi Awal	Durasi Setelah Crash Tenaga Kerja	Upah Setelah Crash dengan penambahan Tenaga Kerja
1	Lantai Kerja 5 cm	31	25	601,500.00
2	Fondasi Plat Beton Menerus 20/100	21	18	2,462,000.00
3	Kolom Beton 35/35	21	18	1,639,000.00
4	Balok 15/30	6	5	1,081,500.00
5	Plat Deck t=12 cm	6	5	1,729,000.00
6	Plat Deck t=12 cm	16	14	2,074,500.00
7	Plat Deck Selasar t=8 cm	6	5	886,500.00
8	Balok Lantai 12/20	6	5	1,081,500.00
9	Kanopi 5/50	21	18	1,081,500.00
10	Pas WF 250.125.6.9	21	14	526,000.00
11	Plat Deck t=12 cm	11	9	1,639,000.00
12	Balok Lantai 12/20	21	20	1,081,500.00
13	Kanopi 5/50	21	20	1,081,500.00
Total			16,965,000.00	

(Sumber: Hasil Analisis 2021)

2. Analisa Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Tahapan analisa menambahkan jam kerja adalah suatu alternatif untuk mempersingkat waktu pelaksanaan proyek apabila ketersediaan pekerja tidak ada. Pada analisa ini menggunakan alternatif penambahan 2 jam kerja lembur dari jam kerja normal, dengan diketahui perhitungan sebelumnya produktivitas pekerjaan normal. Indeks produktivitas menurut Soeharto dapat dihitung nilai penurunan produktivitas per jam dengan rumus.

Penurunan produktivitas jam ke 1 = $\frac{1}{1,1} = 0,909$

Penurunan produktivitas jam ke 2 = $\frac{1}{1,2} = 0,833$

Maka dapat dihitung produktivitas per jamnya dengan menggunakan rumus.

Produktivitas per jam = $\frac{\text{Kapasitas kerja per hari}}{\text{Durasi jam kerja normal}}$

Durasi kerja normal = 7 jam

Durasi kerja lembur = 2 jam +

Total jam kerja = 9 jam

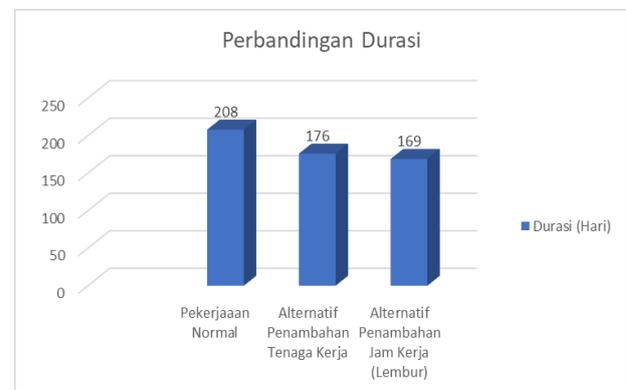
Tabel 5. Hasil Analisa Penambahan Jam Kerja (Lembur)

No	Uraian Pekerjaan	Tenaga Kerja Normal	Durasi Awal	Durasi Tambah Jam Kerja (Lembur)	Biaya Tambah Jam Kerja (Lembur)
1	Lantai Kerja 5 cm	13	31	25	658,647.40
2	Fondasi Plat Beton Menerus 20/100	19	21	17	4,465,595.38
3	Kolom Beton 35/35	7	21	17	1,506,416.18
4	Balok 15/30	1	6	5	525,121.39
5	Plat Deck t=12 cm	14	6	5	2,355,156.07
6	Plat Deck t=12 cm	14	16	13	2,318,497.11

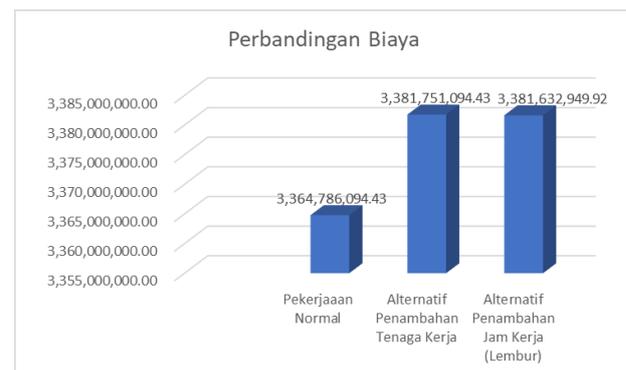
No	Uraian Pekerjaan	Tenaga Kerja Normal	Durasi Awal	Durasi Tambah Jam Kerja (Lembur)	Biaya Tambah Jam Kerja (Lembur)
7	Plat Deck Selasar t=8 cm	1	6	5	460,057.80
8	Balok Lantai 12/20	1	6	5	525,121.39
9	Kanopi 5/50	1	21	17	525,121.39
10	Pas WF 250.125.6.9	4	21	17	416,115.61
11	Plat Deck t=12 cm	12	11	9	2,040,763.01
12	Balok Lantai 12/20	1	21	17	525,121.39
13	Kanopi 5/50	1	21	17	525,121.39
Total				16,846,855.49	

(Sumber: Hasil Analisis 2021)

Selanjutnya dari hasil perhitungan *crashing* dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan jam kerja lembur di buat dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Durasi Normal Dan Durasi Setelah Crashing (Sumber: Hasil Analisis 2021)



Gambar 5. Grafik Perbandingan Biaya Normal dan Biaya Setelah Crashing (Sumber: Hasil Analisis 2021)

KESIMPULAN

1. Durasi awal pekerjaan konstruksi pembangunan proyek yaitu selama 160 hari kerja. Dari hasil analisa pada penelitian ini didapat durasi pelaksanaan pekerjaan bangunan proyek secara normal. Karena pada hal ini

tidak menekankan terhadap waktu tetapi lebih menekankan terhadap biaya.

2. Biaya upah tenaga kerja pada kondisi normal ialah sebesar Rp.3.364.786.094,43. Dari hasil analisa dengan alternatif penambahan tenaga kerja dengan biaya upah sebesar Rp.3.381.751.094,43. Sedangkan biaya upah dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) sebesar Rp.3.381.632.949,92.

Alternatif yang lebih ekonomis dalam penyelesaian proyek yaitu penambahan jam kerja (lembur) karena lebih hemat Rp.118.145,49 dari penambahan tenaga kerja. Apabila waktu dipercepat maka biaya juga lebih meningkat.

SARAN

Berdasarkan dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang ingin peneliti sampaikan. Di antaranya sebagai berikut.

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini hanya menggunakan 2 alternatif yaitu penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur). Maka akan lebih baik apabila ditambahkan dengan alternatif yang lainnya seperti penambahan material/peralatan dan lainnya.
2. Jika ingin melakukan penambahan sebaiknya dilakukan beberapa trial baik jumlah tenaganya maupun jumlah penambahan jam kerjanya agar didapatkan hasil yang optimal.

REFERENSI

- A. Dwiretnani and A. Kurnia, "Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Methode)," *J. Talent. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 58–63, 2018.
- A. Gunasti and A. Rofiqi, "Penerapan Metode Barchart, CPM, PERT dan Crashing Project dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember," *J. Rekayasa Tek. Sipil Univ. Madura*, vol. 4, no. 1, pp. 7–12, 2019.
- A. H. A., "Perencanaan Dan Pengendalian Proyek Dengan Metode PERT-CPM: Studi Kasus FLY Over Ahmad Yani, Karawang," *J. Winners*, vol. 6, no. 2, pp. 155–174, 2005.
- D. Fardila and N. R. Adawyah, "Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja," *INERSIA Informasi dan Ekspose Has. Ris. Tek. Sipil dan Arsit.*, vol. 17, no. 1, pp. 35–46, 2021, doi: 10.21831/inersia.v17i1.39499.
- D. Kartikasari, S. W. Sampurno, and P. E. Agustyawan, "Evaluasi Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung Kecamatan Lamongan Menggunakan Metode Crashing," *JURMATEKS*, vol. 4, no. 1, pp. 191–202, 2021, doi: 10.1016/j.jksues.2020.10.001.A.
- E. R. Anggraeni, W. Hartono, and Sugiyarto, "Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja Dan Shift Kerja," *e-Jurnal MATRIKS Tek. SIPIL*, vol., no., pp. 1–49, 2017.
- E. Safitri, S. Basriati, and L. Hanum, "Optimasi Penjadwalan Proyek menggunakan CPM dan PDM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Kateman Kabupaten Indragiri Hilir)," *J. Sains Mat. dan Stat.*, vol. 5, no. 2, pp. 17–25, 2019.
- Erika Alfianti, "Optimalisasi Waktu Dan Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung Rawat Inap Puskesmas Wonoayu Sidoarjo Dengan Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method)," Universitas Bhayangkara, 2019.
- F. Y. Umbara and M. Abduh, "Analisis Keterlambatan Proyek Pasar Besar Ngawi Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method)," pp. 7–14, 2020.
- G. A. Putri Delvania Armanda, Muhtar, "Penerapan Metode CPM dan Crashing pada Proyek Gedung Training Center Universitas Jember Application of the CPM and Crashing Method in the Jember University Training Center Building Project," *J. Smart Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 151–158, 2021.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia, "Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102 /MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur." pp. 1–5, 2004.
- Latifah Siti, "Optimalisasi Manajemen Waktu Dan Biaya Terhadap Pembangunan Proyek (Studi Kasus Penyelesaian Pembangunan Puskesmas 1 Batur CV. SENDO HOKAGE)," *J. Bus. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 326–334, 2020.
- M. Onibala, J. Tjakra, and P. A. K. Pratisis, "Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crash," *J. Tekno*, vol. 16, no. 69, pp. 7–10, 2018.
- N. M. E. Wardani, S. Musdalifah, and D. Lusiyanti, "Optimalisasi Biaya Dan waktu Pelaksanaan Pembangunan Perumahan Citraland Palu Menggunakan Metode Program Evaluation And Review Technique

- (PERT) - Critical Path Method (CPM),” J. Ilm. Mat. dan Terap., vol. 15, no. 2, pp. 197–208, 2018.
- R. Hidayah, A. Ridwan, and Y. C. SP, “Analisis Perbandingan Manajemen Waktu Antara Perencanaan Dan Pelaksanaan,” JURMATEKS, vol. 1, no. 2, pp. 281–290, 2018.
- S. U. E. Suhendar, “Implementasi Metode Critical Path Method Pada Proyek Synthesis Residence Kemang,” J. Optimasi Tek. Ind., vol. 03, no. 01, pp. 1–6, 2021.
- Soeharto Iman, *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. 1999.
- Undang-undang Republik Indonesia, “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan.” 2003.
- Wulfram I. Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Revisi. Penerbit AN DI Yogyakarta, 2005.
- Y. Stefanus, I. Wijatmiko, and E. A. Suryo, “Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode Fast-Track And Crash Program,” Media Tek. Sipil, vol. 15, no. 1, pp. 74–81, 2017.