

ANTISIPASI KETERLAMBATAN PROYEK DENGAN METODE PENJADWALAN CPM

Christian Wijaya¹⁾, Lionel Goldie Song²⁾, Ratna Setiawardani Alifen³⁾

ABSTRAK: Penjadwalan aktivitas – aktivitas proyek merupakan prioritas utama dalam proses pelaksanaan proyek. Dalam proyek konstruksi pelaksanaan pembangunan sering kali tidak sesuai dengan rencana yang telah dijadwalkan pada saat perencanaan proyek. Keterlambatan proyek sering kali terjadi karena hal-hal yang tak terduga. Penjadwalan dengan metode CPM dapat menjadi salah satu cara perencanaan yang dapat mengantisipasi keterlambatan karena ada jalur kritis yang ditunjukkan pada penjadwalan CPM tersebut, sehingga seorang proyek manajer dapat lebih fokus pada jalur kritis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk antisipasi keterlambatan yang akan terjadi. Data yang didapatkan diperoleh dari bar chart yang sudah ada milik proyek rumah tinggal 2 lantai tipe 70 yang akan diolah menjadi bentuk penjadwalan CPM. Dari diagram jaringan CPM yang telah dibuat menggunakan program primavera, jalur kritis bisa didapatkan dan dilakukan analisa “What If” pada aktivitas kritis. Dengan analisa “What If”, percepatan durasi menjadi salah satu cara antisipasi keterlambatan proyek. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa dengan adanya keterlambatan pada aktivitas di jalur kritis, perlu dilakukan percepatan durasi pada aktivitas pengikut yaitu dengan menambah jumlah jumlah jam kerja beserta biaya penambahannya

KATA KUNCI: CPM, keterlambatan, analisa “*What If*”, percepatan durasi, penambahan biaya

1. PENDAHULUAN

Pada manajemen proyek, sebelum proyek dilaksanakan perlu ada tahap-tahap pengelolaan proyek yang meliputi tahap perencanaan, tahap penjadwalan, dan tahap pengkoordinasian. Tahap perencanaan dan penjadwalan adalah tahap yang paling menentukan berhasil atau tidaknya suatu proyek (Arifudin, 2012). Dalam sebuah proyek konstruksi, pelaksanaan pembangunan sering tidak sesuai dengan tahapan perencanaan dan penjadwalan. Hal ini disebabkan banyaknya permasalahan tidak terduga yang terjadi selama proses pembangunan berlangsung. Pelaksanaan proyek yang tidak sesuai dengan perencanaan jadwal dapat menyebabkan terjadinya keterlambatan proyek.

Salah satu cara untuk mengantisipasi keterlambatan proyek adalah dengan melakukan analisis “*What If*” yaitu melakukan percepatan durasi pada aktivitas pengikut di penjadwalan CPM. Metode CPM dapat

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11170008@john.petra.ac.id

²⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11170160@john.petra.ac.id

³⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, alifrat@petra.ac.id

menunjukkan hubungan antar aktivitas dan jalur kritis didalam suatu proyek Analisis ini dilakukan sebelum pengerjaan proyek dimulai agar manajer proyek dapat mengetahui dan mengatasi apabila terjadi keterlambatan proyek pada saat perencanaan. Penelitian terkait Analisis “*what if*” sebagai metodeantisipasi keterlambatan proyek” telah dilakukan sebelumnya oleh Setiawan dan Sunarto (1999). Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa seorang manajer proyek mendapatkan informasi melalui grafik hubungan antara keterlambatan aktivitas dengan penambahan jumlah tenaga kerja yang menjadi acuan untuk mengambil keputusan agar suatu proyek tidak terlambat.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, dilakukan sebuah studi kasus pada rumah tinggal 2 tingkat tipe 70 yang bertujuan untuk mengantisipasi keterlambatan yang terjadi pada aktivitas kritis dengan melakukan percepatan durasi pada aktivitas-aktivitas pengikut. Percepatan durasi dilakukan dengan menambah jam kerja/lembur dan dilakukan perhitungan penambahan biaya upah lembur.

2. LANDASAN TEORI

METODE JALUR KRITIS

Critical Path Method (CPM) atau metode jalur kritis dikembangkan untuk perencanaan proyek konstruksi. Tujuan utama dari CPM adalah untuk menyediakan analisis data untuk merencanakan dan menjadwalkan proyek. CPM adalah metode yang berbentuk sistem jaringan yang dirancang untuk membantu perencanaan dan penjadwalan proyek (Nugraha,2020). Pada metode CPM terdapat dua jenis perencanaan untuk setiap aktivitas yang ada didalam jaringan. Kedua perencanaan tersebut adalah perencanaan waktu dan biaya yang bersifat normal dan perencanaan waktu yang bersifat dipercepat. Dalam merencanakan waktu penyelesaian proyek terdapat jalur kritis. Jalur kritis adalah jalur yang memiliki rangkaian – rangkaian aktivitas dengan total jumlah waktu telat dan waktu penyelesaian proyek secara menyeluruh yang tercepat.

Jalur kritis didalam jaringan aktivitas dapat diperoleh dengan perhitungan *forward pass* dan *backward pass*. Untuk *forward pass* perhitungan dimulai dari *start (initial event)* menuju *finish (terminal event)* untuk menghitung waktu penyelesaian tercepat suatu aktivitas yaitu *Early Finish*(EF), waktu tercepat terjadinya aktivitas yaitu *Early Start* (ES) dan saat paling cepat dimulainya suatu aktivitas. Untuk *backward pass* perhitungan dimulai dari *Finish* menuju *Start* untuk mengidentifikasi saat paling lambat terjadinya suatu aktivitas yaitu *Late Finish* (LF), waktu paling lambat terjadinya suatu aktivitas yaitu *Late Start* (LS) dan saat paling lambat suatu aktivitas dimulai. Jalur kritis adalah sebuah jalur yang terdiri dari serangkaian aktivitas-aktivitas kritis dan non kritis yang saling berhubungan.

Aktivitas kritis adalah aktivitas yang tidak memiliki tenggang waktu atau nilai (*float*) sama dengan nol. Aktivitas kritis pada pelaksanaannya tidak dapat diganggu sehingga $ES=LS$ dan $EF=LF$. Aktivitas kritis sangat sensitif terhadap jadwal rencana proyek, sehingga bila sebuah aktivitas kritis terlambat satu hari saja, sedangkan aktivitas lainnya tidak terlambat, maka durasi proyek tersebut akan mengalami keterlambatan selama satu hari. Aktivitas non-kritis adalah aktivitas yang memiliki tenggang waktu sehingga besar $LS>ES$ dan $LF>EF$. Setiap aktivitas dihubungkan dengan garis hubungan logika yang biasa disebut konstrain. Konstrain pada CPM terdapat 4 jenis yaitu *Finish to Start* (FS), *Finish to Finish* (FF), *Start to Start* (SS), dan *Start to Finish* (SF). Dari 4 hubungan aktivitas ini dapat terjadi waktu tunggu antara aktivitas pengikut dengan aktivitas terdahulunya yang bertujuan agar jaringan aktivitas dapat dibuat lebih fleksibel. Waktu tunggu ini biasa disebut dengan *lag*.

Jaringan CPM dapat dibuat dengan menggunakan 5 tahapan dasar (Erivanto, 2004), yaitu dengan melakukan identifikasi aktivitas, identifikasi urutan aktivitas, tentukan durasi aktivitas, membuat jaringan aktivitas, menentukan jalur kritis.

KETERLAMBATAN PROYEK

Pengertian keterlambatan proyek menurut Ervianto (1998) adalah waktu pelaksanaan proyek yang tidak dimanfaatkan sesuai dengan rencana aktivitas sehingga menyebabkan satu atau beberapa aktivitas berikutnya menjadi tertunda atau tidak diselesaikan tepat sesuai jadwal yang telah direncanakan. Keterlambatan proyek sering terjadi dikarenakan adanya keterlambatan pada keseluruhan proyek yang dihitung dari kontrak kerja yang telah disetujui. Dalam pekerjaan konstruksi, keterlambatan bisa digambarkan sebagai kelebihan waktu baik di luar tanggal kontrak maupun di luar tanggal ketika disetujui untuk penyerahan dari suatu proyek. Karena terjadinya keterlambatan proyek, akan ada pihak – pihak yang akan dirugikan antara pemilik dengan kontraktor berdasarkan perjanjian kontrak kerja dari kedua belah pihak. Menurut Levis & Atherley (1996) keterlambatan proyek memiliki tiga kategori yaitu:

1. *Excusable delay*, keterlambatan kinerja kontraktor yang terjadi karena faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh baik kontraktor maupun *owner*, contohnya adalah bencana, hujan, perang dan pemogokkan karyawan. Kontraktor berhak mendapatkan perpanjangan waktu yang setara dengan keterlambatan tersebut tetapi tidak berhak atas kompensasinya.
2. *NonExcusable delay*, keterlambatan kinerja kontraktor yang diakibatkan oleh kesalahan kontraktor, contohnya adalah koordinasi pekerjaan yang kurang baik sehingga mengalami kesalahan, bahan dan peralatan yang kurang dipersiapkan, kesalahan dalam pengelolaan keuangan proyek, keterlambatan penyerahan gambar kerja, dan lain lain. Dalam kondisi ini, kontraktor akan dikenakan denda sesuai dengan kontrak kerja yang telah disetujui.
3. *Compensable delay*, keterlambatan kinerja kontraktor yang diakibatkan oleh pihak pemilik dalam memenuhi dan melaksanakan kewajibannya dalam kontrak kerja, contohnya adalah terlambatnya penyerahan total lokasi proyek, terlambatnya pembayaran kepada kontraktor, kesalahan gambar dan spesifikasi, terlambatnya detail pekerjaan, terlambatnya persetujuan dari gambar – gambar fabrikasi. Kontraktor berhak menerima kompensasi biaya dan perpanjangan waktu tergantung kontrak kerja yang dibuat.

Keterlambatan pada proyek sebenarnya dapat diantisipasi sejak awal sebelum proyek dilaksanakan, yaitu dengan melakukan percepatan durasi pada aktivitas-aktivitas pengikut dari aktivitas yang mengalami keterlambatan di panjadilan CPM. Pada penelitian ini percepatan durasi hanya dilakukan pada aktivitas kritis saja. Aktivitas non kritis yang memiliki nilai *float* akan diperhatikan terlebih dahulu sebelum melakukan antisipasi keterlambatan dikarenakan apabila angka *float* pada aktivitas kritis ini lebih kecil dari durasi keterlambatan, aktivitas non-kritis ini akan berubah menjadi aktivitas kritis.

Crashing adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Kegiatan *crashing* dapat dilakukan dengan berbagai cara. Dengan menambahkan shift lembur, memperpanjang waktu kerja, menggunakan alat dengan lebih produktif, menambah jumlah tenaga kerja dan menggunakan material yang lebih mudah dan cepat untuk dipasang, dan sebagainya. Tujuan utama dari *crashing* ini adalah untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan biaya terendah. Pada penelitian ini, *crashing* yang digunakan adalah dengan menambah jam kerja/lembur.

ANALISIS “WHAT IF” PADA CPM

Analisa “*What If*” merupakan metode sensitivitas yang sering dilakukan di balik proses pengambilan keputusan, karena adanya ke-tidak pastian dan keraguan didalam dunia kenyataan. Penerapan analisa “*What If*” dimungkinkan untuk diterapkan pada pengendalian jadwal proyek dengan model CPM sebagai dasar

perhitungannya. Analisa “*What If*” dengan model CPM dapat digunakan sebagai rujukan untuk mempertanyakan “Bagaimana bila terjadi keterlambatan pada salah satu aktivitas?”, sehingga langkah percepatan durasi dapat dilakukan pada jalur kritis dengan aktivitas-aktivitas pengikut yang mengalami keterlambatan agar jadwal penyelesaian proyek tidak mengalami keterlambatan. Percepatan durasi aktivitas pengikut dapat dilakukan dengan menambah jumlah jam kerja yang dibutuhkan dengan batasan yang ditentukan maksimal 30% dari durasi yang mengalami keterlambatan.

Untuk menambah jam kerja, dapat digunakan rumus:

$$\Delta H = H' - H = \left(\frac{\sum mH}{d' \times n} \right) - H \quad (\text{Alifen, Setiawan dan Sunarto, 2000}).$$

Dimana:	n	= jumlah tenaga kerja rencana (orang)
	$\sum mH$	= jumlah jam-orang untuk menyelesaikan aktivitas (OH)
	d'	= durasi percepatan (hari)
	ΔH	= jam kerja tambahan (jam)
	H	= jam kerja normal (8 jam per hari)
	H'	= jam kerja untuk percepatan aktivitas (jam)

BIAYA PROYEK

Biaya proyek adalah suatu rencana yang tertulis secara sistematis mengenai biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua aktivitas yang harus dikerjakan untuk penyelesaian dari proyek tersebut. Elemen biaya proyek terdiri 2 jenis yaitu biaya langsung dan tidak langsung (Martina, 2019). Biaya langsung (*direct cost*) adalah semua biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi di lapangan. Biaya langsung pada proyek konstruksi dapat diperkirakan jumlahnya dengan menghitung volume pekerjaan berdasarkan harga satuan aktivitas. Contoh biaya langsung adalah biaya material, biaya upah tenaga kerja, dan biaya peralatan. Biaya tak langsung (*indirect cost*) adalah semua biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi di lapangan. Meskipun begitu, biaya tidak langsung harus ada dan tidak bisa terlepas dari proyek yang sedang berlangsung (Martina, 2019). Biaya tidak langsung ini belum secara eksplisit dihitung pada tiap proyek konstruksi tetapi perlu diperkirakan guna alokasi biaya di luar pekerjaan konstruksi. Contoh biaya tak langsung adalah biaya tak terduga dan biaya *overhead*.

TENAGA KERJA

Pengertian tenaga kerja menurut Undang-undang No. 13 Tahun 2003 Pasal 1 ayat 2 menyebutkan bahwa: “Tenaga kerja adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan guna menghasilkan barang dan atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun untuk masyarakat.” Dalam Undang-undang No. 13 Tahun Pasal 1 angka 3 Undang-undang No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan, memberikan pengertian: “Pekerja/buruh adalah setiap orang yang bekerja dengan menerima upah atau imbalan dalam bentuk lain.” Dari pengertian tersebut, dapat dilihat beberapa unsur-unsur yang melekat dari istilah pekerja atau buruh, yaitu sebagai berikut: 1. Setiap orang yang bekerja (angkatan kerja maupun bukan angkatan kerja tetapi harus bekerja) 2. Menerima imbalan/upah sebagai balas jasa atas pelaksanaan pekerjaan tersebut. Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi di lapangan, pada umumnya dibutuhkan tenaga kerja lapangan seperti mandor, kepala tukang, tenaga tukang, dan pekerja.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada proyek rumah tinggal 2 lantai, tipe 70 yang berlokasi di Metland Cyber City dengan mengambil data penjadwalan dalam bentuk *barchart*, Selanjutnya data tersebut diubah ke dalam bentuk bagan jaringan berdasarkan urutan pekerjaan dan durasinya dalam bentuk jaringan kerja CPM. Kemudian menganalisis “*What If*” pada aktivitas kritis dalam jalur kritis dan melakukan percepatan pada aktivitas-aktivitas pengikat serta menghitung biaya-biaya tambahan dengan tujuan proyek tidak terlambat dan sesuai dengan perencanaan.

Untuk mendapatkan jaringan CPM dibutuhkan *software Primavera* yang dapat menampilkan jalur kritis dan non-kritis. Untuk data-data yang dibutuhkan pada *Primavera* perlu dilakukan 5 tahapan CPM yang telah dijelaskan pada landasan teori. Setelah didapatkan jalur kritis, dilakukan analisis “*What If*” pada salah satu aktivitas yang berada pada jalur kritis yaitu dengan menambah durasi aktivitas tersebut sebesar maksimal 30% dari durasi semula. Kemudian melakukan identifikasi pada aktivitas pengikat yang dipercepat agar durasi total seluruh proyek tidak mengalami keterlambatan. Setelah mengetahui aktivitas-aktivitas pengikat yang akan dipercepat, selanjutnya dilakukan antisipasi keterlambatan dengan menambah jam kerja/ lembur pada aktivitas pengikat tersebut. Perlu diperhatikan aktivitas pengikat yang dilakukan antisipasi hanya aktivitas yang kritis saja. Sebelum dilakukan antisipasi, perlu diperhatikan ulang pada jaringan CPM ketika menambah durasi keterlambatan dikarenakan akibat dari penambahan durasi keterlambatan dapat mengubah aktivitas yang sebelumnya non-kritis menjadi kritis. Hal ini terjadi karena nilai *float* pada aktivitas non-kritis akan menjadi lebih kecil ketika ada penambahan durasi akibat keterlambatan. Setelah mendapatkan besar jumlah jam kerja/lembur pada aktivitas pengikat, dapat diperhitungkan besar upah tenaga kerja yang dilembur. Besar Upah tenaga kerja berbeda-beda sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan. Setiap upah dasar tenaga kerja terdapat di dalam AHSP 2021 (Analisis Harga Satuan Pekerjaan).

Adapun untuk melakukan penelitian ini dibutuhkan batasan-batasan masalah dan asumsi-asumsi agar dapat dilakukan perhitungan yang jelas. Batasan serta asumsi yang digunakan adalah:

1. Pengambilan data hanya data *sofffile barchart* proyek yang berasal dari proyek rumah tinggal 2 lantai tipe 70 di Metland Cyber City dan dianggap sudah benar serta tidak ada perubahan apabila terjadi pembaharuan dari proyek.
2. Percepatan durasi akibat keterlambatan hanya dilakukan pada variabel penambahan jam kerja.
3. Batas durasi keterlambatan yang diperhitungkan adalah sebesar maksimal 30% dari durasi semula.
4. Untuk penambahan kerja lembur berdasarkan Undang – Undang Cipta kerja No. 11 tahun 2020 adalah 4 jam dalam sehari, sehingga satu hari pekerja dapat bekerja maksimum 12 jam.
5. Angka produktivitas dianggap tidak menurun pada saat perhitungan penambahan kerja lembur.
6. Material-material dan peralatan yang digunakan dianggap tersedia sesuai dengan kebutuhan.
7. Tenaga kerja diasumsikan bekerja normal selama 8 jam per hari dan 6 hari per minggu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam membuat jaringan CPM, dilakukan 5 tahapan yang telah dielaskan. Untuk itu dibutuhkan data-data yang diambil dari *bar chart* milik rumah tinggal 2 lantai tipe 70.

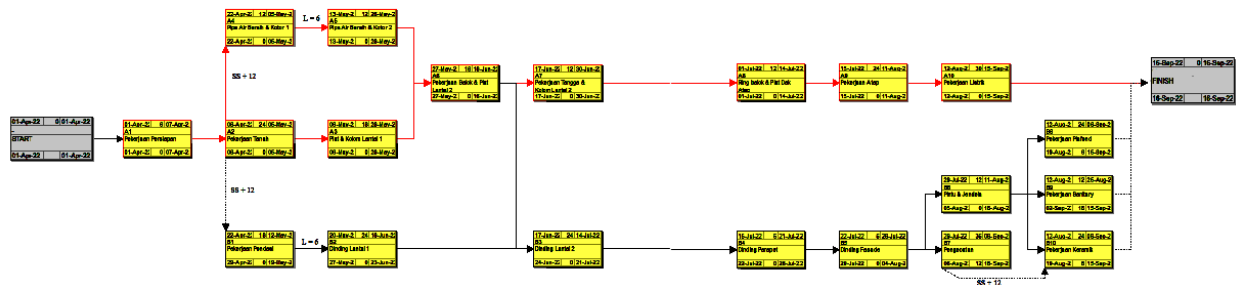
Untuk membuat jaringan CPM dibutuhkan data berupa daftar aktivitas, *predecessors*, *successors*, dan durasi aktivitas, dan konstrain seperti **Tabel 1**. 20 daftar aktivitas ini nantinya yang akan digunakan sebagai data mencariantisipasi pada keterlambatan proyek. Data-data yang digunakan diperoleh dari *bar chart* rumah 2 lantai tipe 70.

Tabel 1. Daftar Aktivitas

No.	Aktivitas	<i>Predecessors</i>	<i>Successors</i>	Durasi (hari)	<i>Lag</i>
1	pekerjaan persiapan	Start	2	6	
2	pekerjaan tanah	1	3,4,19	24	
3	Pekerjaan Pondasi (struktur bawah)	2	8	18	SS +6
4	Pekerjaan Plat & Kolom Lantai 1	2	5,20	18	
5	Pekerjaan Balok dan Plat Lantai 2	4,20	6,9	18	
6	Pekerjaan Tangga & Kolom Lantai 2	5	7	12	
7	Pekerjaan Ring Balok & Plat Dak Atap	6	10,13	12	
8	Pekerjaan Dinding Lantai 1	3	9	24	FS + 6
9	Pekerjaan Dinding Lantai 2	5,8	10	24	
10	Pekerjaan Dinding Parapet	7,9	11	6	
11	Pekerjaan Dinding Fasade	10	12,17	12	
12	Pekerjaan Pintu dan Jendela	11	14,15,16	12	
13	Pekerjaan Atap	7	18	24	
14	Pekerjaan Plafond	12	Finish	24	
15	Pekerjaan Keramik	12,17	Finish	24	
16	Pekerjaan Sanitary	12	Finish	12	
17	Pekerjaan Pengecatan	11	15	36	
18	Pekerjaan Listrik	13	Finish	30	
19	pipa air bersih dan kotor 1	2	19	12	SS + 12
20	pipa air bersih dan kotor 2	4,19	5	12	FS + 6

Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan, dapat menginput data tersebut ke *program Primavera* untuk didapatkan jaringan CPM seperti pada **Gambar 1**. Jaringan CPM pada **Gambar 1** memiliki 2 warna garis yaitu merah dan hitam. Garis merah menandakan jalur kritis dan garis hitam adalah jalur non-kritis. Proyek direncanakan mulai pada tanggal 1 April 2022 dan selesai pada 16 September 2022. Durasi total pengerjaan proyek adalah 145 hari. Fokus penelitian ini hanya dilakukan pada jalur kritis saja.

Gambar 1. Jaringan CPM



Perhitungan percepatan durasi dilakukan setelah didapatkan jaringan CPM yang lengkap seperti yang telah dibuat pada *software Primavera*. Perhitungan percepatan durasi ini dilakukan pada aktivitas pengikat dari aktivitas yang diasumsikan terlambat. Batasan keterlambatan yang diperhitungkan adalah maksimal 30% dari durasi semula sehingga apabila terdapat suatu aktivitas yang memiliki durasi normal pengerjaannya

adalah 12 hari, durasi keterlambatan yang diperhitungkan diambil 2 durasi yaitu 3 hari dan 2 hari. Hasil perhitungan menambah jam lembur dapat dimaksimalkan dalam 1 hari menjadi 4 jam sehingga tidak semua durasi percepatan digunakan.

Untuk penambahan jam kerja lembur berdasarkan Undang – Undang Cipta kerja No. 11 tahun 2020 adalah 4 jam dalam sehari, sehingga satu hari tenaga kerja dapat bekerja maksimum 12 jam. Untuk 1 jam kerja lembur pertama, biaya yang harus dibayarkan adalah sebesar 1,5 kali biaya lembur per jam dan setiap jam berikutnya harus dibayar sebesar 2 kali biaya lembur per jam. Sehingga apabila biaya pekerja per jam adalah 10.000 rupiah, maka untuk 1 jam pertama biaya lembur 1 pekerja adalah 15.000 rupiah dan 20.000 rupiah per jam berikutnya. Biaya lembur diperhitungkan berdasarkan analisis Harga Satuan Pekerja tahun 2021.

CONTOH PERHITUNGAN

Diambil salah satu contoh aktivitas yaitu Pekerjaan Persiapan yang mengalami keterlambatan selama 1 hari. Keterlambatan pada Pekerjaan Persiapan selama 1 hari berarti aktivitas-aktivitas pengikut lainnya memiliki utang pekerjaan selama 8 jam. Dikarenakan lembur dalam 1 hari maksimal adalah 4 jam, untuk menyelesaikan utang 8 jam ini harus dilakukan lembur 4 jam selama 2 hari.

Terlambat selama 1 hari → aktivitas pengikut harus dilembur 4 jam selama 2 hari

Diambil salah satu aktivitas pengikut dari Pekerjaan Persiapan yaitu Pekerjaan Listrik. Pekerjaan Listrik memiliki jumlah tenaga kerja sebanyak 9 orang yang terdiri dari 3 tukang listrik dan 6 pekerja/tukang pembantu. Untuk setiap aktivitas diasumsikan memiliki 1 orang kepala tukang dan 1 orang mandor yang selalu ada. Untuk perhitungan lemburnya adalah:

1 jam pertama		
Mandor	: (Rp 7.281,29 × 1,5) × 1	=Rp 10.921,935
Kepala Tukang	: (Rp 5.125 × 1,5) × 1	= Rp 7.687,5
Tukang Listrik	: (Rp 6.088,57 × 1,5) × 3	= Rp 27.398,56
Pekerja	: (Rp 4.657,31 × 1,5) × 6	= Rp 41.915,79
Total 1 jam pertama	:	<u>Rp 87.923,79</u>
Setiap jam berikutnya		
Mandor	: (Rp 7.281,29 × 2) × 1	= Rp 14.562
Kepala Tukang	: (Rp 5.125 × 2) × 1	= Rp 10.250
Tukang Listrik	: (Rp 6.088,57 × 2) × 3	= Rp 36.531,42
Pekerja	: (Rp 4657,31 × 2) × 6	= Rp 55.887,72
Total per 1 jam berikutnya	:	<u>Rp 117.231,14</u>

Dalam 1 hari, biaya lembur yang dikeluarkan untuk Pekerjaan Listrik ini adalah Rp 87.923,79 ditambah dengan 3 × Rp 117.231,14 yaitu Rp 439.617. Total harga lembur 1 hari ini kemudian dikalikan dengan banyaknya jumlah hari lembur yaitu 2 hari, sehingga didapatkan total upah lembur untuk mengantisipasi keterlambatan 1 hari pada Pekerjaan Persiapan adalah dengan melakukan percepatan durasi menambah jam kerja 4 jam selama 2 hari pada Pekerjaan Listrik dengan besar biaya Rp 879.234.

Untuk rekapan besar penambahan biaya upah lembur tenaga kerja 4 jam per hari dapat dilihat pada **Tabel 2**. Percepatan durasi dengan menambah jumlah jam kerja lembur dapat dipilih dari yang paling murah yaitu dengan melakukan lembur pada Pekerjaan Tanah, atau yang termurah kedua yaitu Pipa Air Bersih dan Kotor

1, atau aktivitas lainnya. Besar biaya untuk mengantisipasi keterlambatan dapat dicari dengan mengalikan upah lembur aktivitas pengikut selama 4 jam per hari pada **Tabel 2** dengan durasi percepatannya.

Tabel 2. Upah Tenaga Kerja 4 Jam/Hari

Daftar Aktivitas Kritis	Pekerja (orang/hari)	Tukang (orang/hari)	Upah lembur Per Hari (Rp.)
Pekerjaan Tanah	4	0	194.327
Pipa Air Bersih dan Kotor 1	4	2	324.093
Pipa Air Bersih dan Kotor 2	5	2	359.023
Pekerjaan Plat & Kolom Lantai 1	6	3	439.617
Pekerjaan Listrik	6	3	439.617
Pekerjaan Atap	7	3	474.547
pekerjaan persiapan	11	0	522.937
Pekerjaan Balok dan Plat Lantai 2	8	4	555.141
Pekerjaan Tangga & Kolom Lantai 2	8	4	555.141
Pekerjaan Ring Balok & Plat Dak Atap	10	5	670.665

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Pembuatan model penjadwalan berbentuk CPM yang berasal dari *bar chart* memiliki karakteristik yang berbeda-beda dari satu aktivitas ke aktivitas lainnya. Hal ini sangat bergantung pada perencanaan jaringan kerja yang dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti durasi aktivitas, total jam-orang, jumlah pekerja, dan nilai *float*.
2. Terdapat 10 aktivitas yang berada pada jalur kritis yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pipa air bersih dan kotor 1, pipa air bersih dan kotor 2, plat & kolom lantai 1, pekerjaan balok & plat lantai 2, pekerjaan tangga & kolom lantai 2, pekerjaan ring balok & plat dak atap, pekerjaan atap, dan pekerjaan listrik.
3. Besar upah lembur untuk mengantisipasi keterlambatan dapat pilih dari yang paling rendah per harinya yaitu dengan melakukan lembur pada Pekerjaan Tanah. Besar upah lembur 4jam per harinya adalah Rp 194.327. Apabila tidak dapat melakukan lembur pada pekerjaan tanah, terdapat beberapa aktivitas lainnya yang dapat dilembur sesuai dengan urutan biayanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifen, R.S. (2022). *Critical Path Method (CPM)*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia.
- Ervianto, I.W. (2004). *Manajemen Proyek Konstruksi (edisi – revisi)*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, Indonesia.
- Levis & Atherley. (1996). *Delay Construction*. Cahner Books Internasional, Langford, Canada.
- Martina. (2019). “*Jenis – Jenis Biaya Dalam Proyek yang Perlu Anda Tahu.*” *Biaya Overhead Salah Satunya*. <https://ukirama.com/blogs/jenis-jenis-biaya-dalam-proyek-yang-perlu-anda-tahu-biaya-overhead-salah-satunya> (09 Agustus 2019).
- Nugraha, P. (2020). *Pembuatan Jadwal Proyek*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia.