

ANALISIS PERCEPATAN PEKERJAAN PEMBANGUNAN DENGAN CRITICAL PATH METHOD

Studi Kasus: Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada, Semarang

(Acceleration Analysis Of Construction Works Using The Critical Path Method
Case Study: Mulyahurip Anugrah Persada Housing, Semarang)

Saiful Huda¹, Diyanti¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma, Depok, Indonesia
e-mail: <mailto:diyanti311@gmail.com>

Diterima 2 Oktober 2024, Disetujui 15 November 2024

ABSTRAK

Pelaksanaan pekerjaan Pembangunan Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada Kota Sumedang mengalami keterlambatan pekerjaan. Keterlambatan tersebut terjadi pada tahap pekerjaan di lintas kritis yang dipengaruhi oleh faktor cuaca, suplai material yang terlambat dan kesalahan pekerjaan. Keterlambatan tersebut terjadi pada pekan ke 4 dengan total 21 hari. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulisan ini bertujuan untuk mengidentifikasi pekerjaan yang masuk ke dalam lintasan kritis dengan menggunakan Microsoft project, dan mendapatkan total biaya dan waktu setelah dilakukan percepatan. Metode jalur kritis (*Critical Path Method*) dapat memberikan alternatif kepada perencana proyek untuk dapat menyusun yang terbaik sehingga dapat mengoptimalkan waktu dan biaya dalam menyelesaikan suatu proyek. Berdasarkan hasil pengolahan data serta hasil analisis biaya dan waktu pelaksanaannya pembangunan maka diperoleh, hasil dari identifikasi pekerjaan yang masuk ke dalam lintasan kritis pada Pembangunan Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada Kota Sumedang terdapat 15 item pekerjaan berdasarkan identifikasi dengan menggunakan Ms. Project diantaranya lainnya yaitu, ada pekerjaan tanah dan pondasi ada 5 item pekerjaan, pekerjaan struktur beton ada 4 item pekerjaan, pekerjaan dinding ada 4 item pekerjaan, dan pekerjaan lain-lain 2 item pekerjaan. Selanjutnya, skenario pemilihan pada pekerjaan kritis yang paling optimum yaitu pada penambahan 1 jam lembur yang mengakibatkan kenaikan biaya sebesar Rp. 36.901.777 dan efisiensi waktu 29 hari dari 285 hari aktual di lapangan dengan biaya pekerjaan semula Rp. 475.310.000 bertambah menjadi Rp. 512.211.777, sehingga pembangunan dapat diselesaikan dengan tepat waktu bahkan lebih cepat dari rencana yaitu 356 hari dari durasi rencana 364 hari.

Kata kunci: Penjadwalan Proyek, Lintasan Kritis, Penambahan Jam Kerja, CPM, Microsoft Project

ABSTRACT

The implementation of the Mulyahurip Anugrah Persada Housing Development in Sumedang City experienced a delay in work. The delay occurred at the critical stage of work which was affected by weather factors, late material supply and work errors. The delay occurred in week 4 with a total of 21 days. Based on these problems, this paper aims to identify the work that enters the critical trajectory using Microsoft project, and get the total cost and time after the acceleration is carried out. The Critical Path Method can provide an alternative for project planners to be able to prepare the best plan so that they can optimize time and cost in completing a project. Based on the results of data processing and the results of the analysis of the cost and time of the implementation of the development, the results of the identification of work that enter the critical trajectory are obtained In the Mulyahurip Anugrah Persada Housing Development, Sumedang City, there are 15 work items based on identification using Ms. Project, among others, namely, there are 5 work items for earth and foundation work, 4 work items for concrete structure work, 4 work items for wall work, and 2 work items for other work. Furthermore, the most optimal selection scenario for critical work is the addition of 1 hour of overtime which results in an increase in costs of Rp. 36,901,777 and time efficiency of 29 days from the actual 285 days in the field with the original work cost of Rp. 475,310,000 increasing to Rp. 512,211,777, so that the construction can be completed on time even faster than planned, which is 356 days from the planned duration of 364 days.

Keywords: Project Scheduling, Critical Path, Work Hours Addition, CPM, Microsoft Project

PENDAHULUAN

Setiap proyek pasti ada batas waktunya agar penyelesaiannya tidak terlambat, namun tidak semua proyek selalu berjalan sesuai dengan jadwal. Banyak faktor yang membuat proyek tidak berjalan sesuai dengan jadwal [1]. Keterlambatan pada proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan proyek (*crashing*) namun tetap memperhatikan faktor biaya. Percepatan proyek dilakukan dengan cara menambah jumlah lembur, tenaga kerja, dan alat kerja [2]. CPM (*Critical Path Method*)-*Crashing* dapat mempercepat durasi proyek dengan cara menambah sumber daya manusia sehingga proyek tidak terlambat dan tidak perlu membayar denda keterlambatan [3].

Penjadwalan dan pengendalian proyek merupakan tugas utama dalam manajemen proyek konstruksi. Selain itu, metode penjadwalan proyek yang efektif sangat penting untuk menjamin keberhasilan kinerja proyek [4]. Penjadwalan proyek merupakan suatu kegiatan yang mengatur jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan oleh setiap kegiatan. Penjadwalan diperlukan agar pelaksanaan proyek dapat tetap berlangsung sesuai dengan rencana jadwal yang telah dibuat. Namun, sering kali penjadwalan proyek mengalami kendala, salah satunya adalah terjadinya keterlambatan. Keterlambatan penjadwalan dapat berdampak buruk terhadap mutu, waktu dan biaya [5].

Perencanaan yang efektif dan penyelesaian proyek yang tepat waktu memberikan keuntungan yang signifikan dalam hal biaya, waktu, dan kepuasan pelanggan. Akibatnya, ada peningkatan minat dalam metode manajemen proyek untuk memastikan keberhasilan penyelesaian tepat waktu. Perencanaan proyek merupakan langkah penting dalam manajemen proyek dan menggunakan berbagai metode. Metode Jalur Kritis (CPM) adalah salah satu metode yang paling disukai karena efektivitasnya. CPM mengidentifikasi jalur kritis, yang merupakan jalur dari awal hingga akhir proyek, di mana semua waktu luang adalah nol [6].

Dalam skenario kehidupan nyata, CPM merupakan alat yang efektif untuk merencanakan dan mengelola proyek yang rumit [7]. Diagram jaringan proyek selalu dimulai dengan suatu peristiwa yang menandai dimulainya proyek dan diakhiri dengan suatu peristiwa yang menunjukkan penyelesaiannya [8]. Suatu proyek dapat berisi beberapa jalur atau rute dari peristiwa awal hingga peristiwa akhir [9]. "Proyek yang Mengalami Gangguan" mengacu pada proses percepatan periode proyek [10-11], mengurangi durasi keseluruhannya dengan memperpendek aktivitas sekaligus meminimalkan biaya terkait. Tujuan dari gangguan adalah untuk mempercepat jadwal proyek tanpa menyebabkan peningkatan biaya yang signifikan. Hal ini dapat dicapai dengan mengidentifikasi aktivitas kritis yang menghambat kemajuan proyek dan mengalokasikan sumber daya tambahan. Gangguan memastikan bahwa proyek selesai tepat waktu atau lebih cepat dari jadwal dengan tetap mempertahankan standar kualitas dan memenuhi semua persyaratan.

Pada pelaksanaan pekerjaan Pembangunan Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada Kota Sumedang mengalami keterlambatan pekerjaan. Keterlambatan tersebut terjadi pada tahap pekerjaan di lintas kritis yang

dipengaruhi oleh faktor cuaca, suplai material yang terlambat dan kesalahan pekerjaan. Keterlambatan tersebut terjadi pada pekan ke 4 dengan total 21 hari. Metode jalur kritis dapat memberikan alternatif kepada perencana proyek untuk dapat menyusun perencanaan yang terbaik sehingga dapat mengoptimalkan waktu dan biaya dalam menyelesaikan suatu proyek. CPM merupakan metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktu, dengan mencari lintasan kritis dari pekerjaan yang dilakukan dan mencari biaya paling optimum saat dilakukannya percepatan. Dengan cara menambahkan waktu lembur pada beberapa pekerja, hal tersebut mampu mempercepat pekerjaan dan akan lebih efisien dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja.

METODE

Metode CPM

CPM adalah teknik penjadwalan yang digunakan untuk mengolah serangkaian kegiatan yang saling bergantung dalam hal waktu mulai dan berakhir. Waktu-waktu ini pada akhirnya bertemu untuk mencapai hasil yang diharapkan dari proyek. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengidentifikasi jalur kritis yang harus diikuti untuk mencapai titik akhir proyek dalam waktu yang diberikan dan mengeksplorasi berbagai opsi yang mungkin muncul jika durasi kegiatan berubah [12].

Optimasi dengan Metode *Crashing*

Merupakan pendekatan yang terstruktur dan logis untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan dalam suatu proyek [13]. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengoptimalkan durasi kegiatan proyek dengan cara yang hemat biaya. Metode ini melibatkan *trade-off* antara waktu dan biaya, yang berarti bahwa pengurangan durasi kegiatan proyek dicapai dengan biaya tambahan. Biaya ini timbul karena adanya peningkatan efisiensi kerja untuk mengurangi durasi proyek secara keseluruhan. Penggunaan metode *crashing* dapat berdampak signifikan terhadap keterlambatan proyek dengan mengurangi waktu yang dialokasikan untuk kegiatan pada lintasan kritis. Metode ini menerapkan *cost slope*, yaitu biaya tambahan ketika waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek berkurang [14].

Tahapan Penelitian

Dalam metode penelitian harus dilakukan sesuai dengan urutan yang jelas dan teratur untuk memecahkan suatu masalah. Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penyusunan laporan ini sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah, dari penelitian ini masalah yang akan dibahas adalah beberapa biaya dan waktu yang telah didapatkan setelah penjadwalan ulang dan percepatan durasi proyek.
2. Studi Literatur, yang dilakukan penulis adalah menetapkan topik dan lokasi proyek yang akan diteliti dengan sumber yang didapat pada jurnal, referensi tugas akhir, buku, dan lainnya bertujuan mendapat informasi yang akan dijadikan teori pada penelitian.

3. Pengumpulan Data yang digunakan untuk perencanaan waktu dan biaya proyek, yaitu: Kurva S rencana, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan Harga Bahan Satuan dan upah Tenaga Kerja.
4. Menentukan Lintasan Kritis menggunakan Ms. Project.
5. Percepatan dengan Metode *Critical Path Method*
6. Didapatkan Waktu dan Biaya Total Proyek setelah dilakukan percepatan menggunakan metode *Critical Path Method*.
7. Membuat Kurva S Setelah Percepatan.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi studi kasus pada Pembangunan Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada Kota Sumedang secara geografis berada di Blok Rancamulya Desa Jatimulya dan Desa Jatihurip Kecamatan Sumedang Utara, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat.

Waktu Jam Kerja

Standar waktu jam kerja dalam satu hari adalah 8 jam, sedangkan waktu jam kerja lembur 1 sampai 4 jam per hari.

Ketentuan waktu jam kerja pada Pembangunan Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada Kota Sumedang dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 1. Asumsi Waktu Jam Kerja

Hari	Jam Kerja	Istirahat	Jam Kerja
Senin - Minggu	08.00 – 12.00	12.00 – 13.00	13.00 – 17.00

Daftar Harga Satuan Upah Pekerja

Harga satuan upah pekerja telah sesuai dengan nilai harga upah pada wilayah Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Daftar Harga Satuan Upah Pekerja

No	Kualifikasi Pekerja	Harga Satuan (per Hari)
1.	Tukang Gali	Rp. 125.000
2.	Kepala Tukang Batu	Rp. 135.000
3.	Tukang Batu	Rp. 125.000
4.	Kepala Tukang Kayu	Rp. 135.000
5.	Tukang Kayu	Rp. 125.000
6.	Kepala Tukang Besi Beton	Rp. 135.000
7.	Tukang Besi	Rp. 125.000
8.	Kepala Tukang Cat	Rp. 135.000
9.	Tukang Cat	Rp. 125.000
10.	Kepala Tukang Listrik	Rp. 135.000
11.	Tukang Listrik	Rp. 125.000
12.	Tukang Las Listrik	Rp. 125.000
13.	Kepala Tukang Las Listrik	Rp. 135.000
14.	Tukang Pipa	Rp. 125.000
15.	Kepala Tukang Pipa	Rp. 135.000
16.	Mandor	Rp. 180.000
17.	Operator	Rp. 170.000
18.	Pembantu Operator	Rp. 110.000
19.	Sopir/Driver	Rp. 160.000
20.	Mekanik	Rp. 130.000
21.	Pekerja	Rp. 100.000
22.	Penjaga Malam	Rp. 110.000
23.	Staf Pelaksana Proyek	Rp. 110.000
24.	Pembantu Sopir/Driver	Rp. 110.000

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penjadwalan Proyek

Data penjadwalan proyek perumahan ini diperoleh dari PT. Putra Anugrah Corp, untuk mendapatkan lintasan kritis pada tiap-tiap pekerjaan yang ada. Kurva S yang penulis dapatkan kemudian akan diolah menggunakan software Ms. Project 2019. Kurva S realisasi di Pembangunan Perumahan ini mengalami penurunan di minggu ke 4 sehingga harus dilakukan percepatan agar Pembangunan tetap dengan jadwal rencana. Berikut adalah penjadwalan pelaksanaan dalam bentuk Ms. Project.

Tabel 3. Durasi Setiap Pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Pembangunan Perumahan Mulyahurip anugrah Persada Kab. Sumedang	364 Days	Sat 12/11/22	Fri 10/11/23	
2	Pekerjaan Persiapan	60 Days	Sat 12/11/22	Tue 12/01/23	
3	Pengukuran & Bowplank	60 Days	Sat 12/11/22	Tue 12/01/23	
4	Air Kerja & Listrik Kerja	50 Days	Sat 12/11/22	Sat 31/12/22	3SS
5	Pekerjaan Tanah & Pondasi	129 Days	Wed 11/11/22	Thu 30/03/23	
6	Galian Pondasi	60 Days	Wed 11/11/22	Sat 11/03/23	4SS+10 days

No	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
7	Urugan Bekas Galian	7 Days	Sun 12/03/23	Sat 18/03/23	6;4
8	Urugan Pasir di Bawah Pondasi T-5cm	10 Days	Sun 19/03/23	Tue 28/03/23	7;6
9	Pondasi Batu Belah 1:4	40 Days	Wed 29/03/23	Sun 18/03/23	8;7
10	Urugan Tanah Peninggian Lantai	12 Days	Mon 08/05/23	Fri 19/05/23	9;8
11	Pekerjaan Struktur Beton	120 Days	Mon 03/04/23	Mon 31/07/23	
12	Sloof 10/15	24 Days	Tue 23/05/23	Thu 15/06/23	10FS+3 days; 9
13	Kolom 10/15	40 Days	Fri 16/06/23	Tue 25/07/23	12;10
14	Ringbalk 15/15	33 Days	Tue 06/06/23	Sat 08/07/23	13
15	Dak Beton 10 cm	12 Days	Sun 09/07/23	Thu 20/07/23	14
16	Meja Beton Dapur T:8cm	20 Days	Mon 21/08/23	Sat 09/09/23	15
17	Lantai (Carport) T:15cm	12 Days	Sun 10/09/23	Thu 21/09/23	16
18	Pekerjaan Dinding	115 Days	Thu 18/05/23	Sat 09/09/23	
19	Pasang Heibel Dinding Rumah	10 Days	Thu 14/09/23	Sat 23/09/23	17FS-8 days
20	Ampig	7 Days	Sun 24/09/23	Sat 30/09/23	19
21	Plester	20 Days	Tue 26/09/23	Sun 15/10/23	20FS-5 days
22	Acian	12 Days	Mon 16/10/23	Fri 27/10/23	21
23	Pekerjaan Plumbing Air Kotor, Bersih, Hujan	20 Days	Sat 01/07/23	Thu 20/07/23	
24	Pipa PCV1/2" AW	7 Days	Tue 06/06/23	Mon 12/06/23	13
25	Pipa PCV 3" D AW-Wavin Saluran Tertutup	7 Days	Tue 06/06/23	Mon 12/06/23	24SS
26	Pipa PCV 4" D AW-Wavin Saluran Tertutup	7 Days	Tue 13/06/23	Mon 19/06/23	25
27	Septic Tank + Resapan	10 Days	Tue 20/06/23	Thu 29/06/23	26
28	Pekerjaan Atap	110 Days	Tue 07/02/23	Sat 27/05/23	
29	Rangka Atap Baja Ringan C75 Zincalume	30 Days	Tue 07/02/23	Wed 08/03/23	8
30	Pasang Genteng	15 Days	Thu 09/03/23	Thu 23/03/23	29
31	Pasang Bubungan/Nok Genteng	7 Days	Fri 24/03/23	Thu 30/03/23	30
32	Pasang Ban-banan Pembatas atap	12 Days	Fri 31/03/23	Tue 11/04/23	31
33	Pasang List Plank wood plank GRC 20 cm	15 Days	Wed 12/04/23	Wed 26/04/23	32
34	Pekerjaan Kusen Pintu & Jendela	4 Days	Mon 02/10/23	Thu 05/10/23	
35	Pintu Type PJ - 1	4 Days	Sun 01/10/23	Wed 04/10/23	20
36	Pintu Type PJ - 2	4 Days	Sun 01/10/23	Wed 04/10/23	35SS
37	Pintu Type P - 3	4 Days	Mon 02/10/23	Thu 05/10/23	36SS
38	Pintu Type P - 4	4 Days	Mon 02/10/23	Thu 05/10/23	37SS
39	Roster	4 Days	Mon 02/10/23	Thu 05/10/23	38SS
40	Jendela	4 Days	Mon 02/10/23	Thu 05/10/23	39SS
41	Pekerjaan Keramik	135 Days	Mon 05/06/23	Tue 17/10/23	
42	Urugan Pasir di bawah lantai	7 Days	Tue 13/06/23	Mon 19/06/23	24
43	Pek. Keramik Tile 40x40	40 days	Thu 15/06/23	Mon 24/07/23	42FS-5 days
44	Pek. Keramik Tile 20x25 Toilet	20 Days	Tue 25/07/23	Sun 13/08/23	43
45	Pek. Keramik Lantai 20x20	15 Days	Tue 25/07/23	Tue 08/08/23	44SS
46	Meja Dapur	15 Days	Tue 25/07/23	Tue 08/08/23	45SS
47	Pek. Keramik 20x20	15 Days	Tue 25/07/23	Tue 08/08/23	46SS
48	Pek. Keramik Dinding 20x25		Tue 25/07/23	Tue 08/08/23	47SS
49	Pek. Keramik Tile 40x40	15 Days	Tue 25/07/23	Tue 08/08/23	48SS
50	Pekerjaan Plafon	95 Days	Fri 30/06/23	Mon 02/10/23	
51	Pas. Plafon Gypsum 9mm ex Elephant rangka Hollow	33 Days	Fri 30/06/23	Tue 01/08/23	27
52	List Plafond	22 Days	Wed 02/08/23	Wed 23/08/23	51
53	Pekerjaan Finishing Kusen & Pengecatan	30 Days	Sat 07/10/23	Sun 05/11/23	
54	Pengecatan Dinding setara ICI	20 Days	Sun 08/10/23	Fri 27/10/23	35FS+3 days
55	Pengecatan Plafond setara Sanlex	10 Days	Sat 28/10/23	Mon 06/11/23	54
56	Pengecatan Lisplang	8 Days	Sat 28/10/23	Sat 04/11/23	55SS
57	Pekerjaan Instalasi Listrik dan Armature	14 Days	Wed 23/08/23	Tue 05/09/23	
58	Pekerjaan Instalasi	9 Days	Sun 24/09/23	Mon 02/10/23	52
59	Instalasi titik Penerangan	9 Days	Sun 03/09/23	Fri 08/09/23	58
60	Pekerjaan Pengadaan dan Pemasangan Amature	6 Days	Sat 09/09/23	Thu 14/09/23	59
61	Saklar Single	6 Days	Sat 09/09/23	Thu 14/09/23	60SS
62	Saklar seri	6 Days	Sat 09/09/23	Thu 14/09/23	61SS
63	Panel MCB Merlin Gerin 6amper toefoer 2x2.5	6 Days	Sat 09/09/23	Thu 14/09/23	62SS
64	Pekerjaan Sanitari	13 Days	Wed 04/10/23	Mon 16/10/23	
65	Closet Jongkok	10 Days	Thu 05/10/23	Sat 14/10/23	36

No	Uraian Pekerjaan	Duration	Start	Finish	Predecessors
66	Kran	6 Days	Sun 15/10/23	Fri 20/10/23	65SS
67	Flor Drain	8 Days	Sun 15/10/23	Sun 22/10/23	66SS
68	Kitchen Zink	8 days	Sun 15/10/23	Sun 22/10/23	67SS
69	Kran kitchen zink	6 Days	Sun 15/10/23	Fri 20/10/23	68SS
70	Pekerjaan Lain-lain	12 Days	Mon 30/10/23	Fri 10/11/23	
71	Variasi Tali Air	12 Days	Tue 31/10/23	Sat 11/11/23	22FS+3 days
72	Plat Duiker	12 days	Tue 31/10/23	Fri 10/11/23	66 SS

Identifikasi Jalur Kritis

Jalur kritis adalah lintasan yang memiliki kegiatan dengan waktu penyelesaian paling Panjang. Jalur Kritis didapat menggunakan bantuan *Software Microsoft Project* dengan menentukan durasi setiap pekerjaan dan menghubungkan setiap pekerjaan (*predecessors*). Daftar pekerjaan kritis dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Daftar Pekerjaan Kritis

No	Uraian Pekerjaan Kritis
Pekerjaan Tanah Dan Pondasi	
1.	Galian Pondasi
2.	Urugan Bekas Galian
3.	Urugan Pasir di bawah Pondasi T-5cm
4.	Pondasi Batu Belah 1:4
5.	Urugan Tanah Peninggian Lantai
Pekerjaan struktur Beton	
6.	Sloof 10/15
7.	Kolom 10/15
8.	Meja Beton Dapur T:8cm
9.	Lantai (Carport) T:15cm
Pekerjaan Dinding	
10.	Pasang Heibel Dinding Rumah
11.	Ampig
12.	Plester 1;5
13.	Acian
Pekerjaan Lain-lain	
14.	Variasi Tali Air
15.	Plat Duicker

Percepatan Proyek

Waktu yang disediakan oleh pemilik proyek Pembangunan Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada Kota Sumedang sangatlah singkat dan terbatas, sedangkan dalam pelaksanaannya terdapat beberapa konstruksi proyek yang memiliki hambatan dan mengakibatkan terganggunya alur pekerjaan proyek. Proyek Pembangunan Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada Kota Sumedang mengalami keterlambatan selama 21 hari dimulai pada Minggu ke-4, sehingga perlu dilakukan upaya percepatan agar proyek tetap dengan jadwal rencana.

Hal ini kemudian menggunakan penambahan waktu kerja/ lembur pada upaya percepatan pekerjaan, asumsi lain yang digunakan yaitu tidak ada biaya tambahan pada penggunaan alat kerja serta dengan asumsi bahan dan material yang sudah tersedia sesuai kebutuhan. Rencana penambahan jam lembur dilakukan pada pekerjaan kritis yang berada pada kegiatan Pekerjaan Tanah dan Pondasi, Struktur Beton, pekerjaan dinding, dan pekerjaan lain-lain.

Perhitungan Penambahan Jam Lembur Kerja

Perencanaan dalam penambahan jam kerja lembur dapat memakai 8 jam kerja normal dan 1 jam istirahat

(08.00-17.00), sedangkan pada kerja lembur dilakukannya setelah waktu kerja normal yaitu (17.00-18.00). Menurut keputusan 71 Menteri Tenaga Kerja Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 35 Tahun 2021 standar upah untuk lembur adalah:

- Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 4 jam dalam 1 hari dan 14 jam dalam 1 minggu.
- Untuk pembayaran kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah 1 jam.
- Pada setiap jam lembur berikutnya pembayaran harus dibayar pada upah sebesar 2 kali lipat upah 1 jam.

Dengan bertambahnya jam kerja yang diperoleh akan membuat pekerja mengalami penurunan produktivitas, penurunan indeks produktivitas dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. Koefisien Penurunan Produktivitas Pada Jam Lembur

Jam Lembur (Jam)	Penurunan Indeks Produktivitas	Penurunan Prestasi Kerja (per jam)	Persentase Penurunan Presentasi Kerja (%)	Koefisien Produktivitas
a	b	c = a x b	d	E = 100% - d
Ke - 1	0,1	0,1	10	0,9
Ke - 2	0,1	0,2	20	0,8
Ke - 3	0,1	0,3	30	0,7

Perhitungan untuk mendapatkan produktivitas perhari dengan waktu normal yaitu 8 jam dan penambahan 1 Jam lembur pada pekerjaan Struktur dengan sub item pekerjaan Galian Pondasi. Uraian perhitungan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= 976,500 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi normal} &= 60 \\
 \text{Produktivitas harian} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \\
 &= \frac{976,500}{60} \\
 &= 16,275 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produktivitas tiap jam} &= \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8} \\
 &= \frac{16,275}{8} \\
 &= 2,035 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Penentuan Durasi Pekerjaan dengan Percepatan

a) Produktivitas Kerja Lembur 1 Jam = (8 jam × Prod. Tiap Jam) + (a × b × Prod. Tiap Jam)

= (8 × 2,035) + (1 × 0,9 × 2,035) = 18,111 m³/hari

b) Produktivitas Kerja Lembur 2 Jam = (8 jam × Prod. Tiap Jam) + (a × b × Prod. Tiap Jam)

= (8 × 2,035) + (2 × 0,8 × 2,035) = 19,536 m³/hari

c) Produktivitas Kerja Lembur 3 Jam = (8 jam × Prod. Tiap Jam) + (a × b × Prod. Tiap Jam)

= (8 × 2,075) + (3 × 0,7 × 2,075) = 20,638 m³/hari

d) Produktivitas Kerja Lembur 4 Jam = (8 jam × Prod. Tiap Jam) + (a × b × Prod. Tiap Jam)

= (8 × 2,075) + (4 × 0,6 × 2,075) = 21,58 m³/hari

Perhitungan Durasi Percepatan (Crash Duration)

Penambahan 1 sampai 4 jam lembur maka dapat dihitung durasi pekerjaan setelah dilakukannya percepatan dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Volume Item Pekerjaan}$$

Crash Duration = $\frac{\text{Produktivitas crash/hari}}$

$$\frac{976,500}{18,111}$$

a) Crash Duration 1 Jam = 54 hari

$$\frac{976,500}{19,536}$$

b) Crash Duration 2 Jam = 50 hari

$$\frac{976,500}{20,638}$$

c) Crash Duration 3 Jam = 48 hari

$$\frac{976,500}{21,58}$$

d) Crash Duration 4 Jam = 45 hari

Analisis Biaya Percepatan

Setelah diketahui durasi percepatan selanjutnya melakukan perhitungan biaya upah percepatan. Berikut contoh perhitungan upah lembur pada pekerjaan Struktur dengan sub item Pekerjaan Galian Tanah:

a) Durasi Normal =60 hari

Pekerja = (Rp. 100.000 × 8 × 60)
= Rp. 48.000.000,-

Tukang = (Rp. 125.000 × 4 × 60)
= Rp. 30.000.000,-

Kepala Tukang = (Rp. 135.000 × 1 × 60)
= Rp. 8.100.000,-

Mandor = (Rp. 160.000 × 1 × 60)
= Rp 9.600.000,-

Total Biaya Waktu Normal

= Rp. 48.000.000 + Rp. 30.000.000 +

Rp. 8.100.000 + Rp. 9.600.000

= RP. 95.700.000,-

b) Durasi Lembur 1 Jam = 54 hari

Pekerja = (Rp. 115.000 × 8 × 54)
= Rp. 49.680.000,-

Tukang = (Rp. 155.319 × 4 × 54)
= Rp. 33.548.904,-

Kepala Tukang = (Rp. 167.944 × 1 × 54)
= Rp. 9.068.976,-

Mandor = (Rp. 194.913 × 1 × 54)
= Rp 10.525.302,-

Total Biaya Lembur 1 Jam

= Rp. 49.680.000 + Rp. 33.548.904 +

Rp. 9.068.976 + Rp. 10.525.302

= RP. 102.823.182,-

c) Durasi Lembur 2 Jam = 50 hari

Pekerja = (Rp. 115.000 × 8 × 54)
= Rp. 49.680.000,-

Tukang = (Rp. 155.319 × 4 × 54)
= Rp. 33.548.904,-

Kepala Tukang = (Rp. 167.944 × 1 × 54)
= Rp. 9.068.976,-

Mandor = (Rp. 194.913 × 1 × 54)
= Rp 10.525.302,-

Total Biaya Lembur 2 Jam

= Rp. 49.680.000 + Rp. 33.548.904 +

Rp. 9.068.976 + Rp. 10.525.302

= RP. 102.823.182,-

d) Durasi Lembur 3 Jam = 50 hari

Pekerja = (Rp. 155.000 × 8 × 48)
= Rp. 59.520.000,-

Tukang = (Rp. 236.169 × 4 × 48)
= Rp. 45.344.448,-

Kepala Tukang = (Rp. 255.794 × 1 × 48)
= Rp. 12.278.112,-

Mandor = (Rp. 288.013 × 1 × 48)
= Rp 13.824.624,-

Total Biaya Lembur 3 Jam

= Rp. 59.520.000 + Rp. 45.344.448 +

Rp. 12.278.112 + Rp. 13.824.624

= Rp. 130.967.184,-

e) Durasi Lembur 4 Jam = 45 hari

Pekerja = (Rp. 175.000 × 8 × 45)
= Rp. 63.000.000,-

Tukang = (Rp. 276.594 × 4 × 45)
= Rp. 49.786.920,-

Kepala Tukang = (Rp. 299.719 × 1 × 45)
= Rp. 12.278.112,-

Mandor = (Rp. 344.563 × 1 × 45)
= Rp. 15.055.335,-

Total Biaya Lembur 4 Jam

= Rp. 63.000.000 + Rp. 49.786.920 +

Rp. 13.487.355 + Rp. 15.055.335
= Rp. 141.329.610,-

Analisis Cost Slope

Cost slope merupakan penambahan biaya langsung per satuan waktu untuk memperpendek penyelesaian proyek atau dapat diartikan sebagai perbandingan antara penambahan biaya dengan percepatan waktu penyelesaian. Berikut contoh perhitungan *cost slope* pekerjaan Galian Tanah:

a) Lembur 1 Jam

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu lembur}} \\ &= \frac{\text{Rp. 102.823.182} - \text{Rp. 95.700.000}}{60 - 54} \\ &= \text{Rp. 1.780.795} \end{aligned}$$

b) Lembur 2 Jam

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu lembur}} \\ &= \frac{\text{Rp. 115.509.150} - \text{Rp. 95.700.000}}{60 - 50} \\ &= \text{Rp. 1.980.915} \end{aligned}$$

c) Lembur 3 Jam

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu lembur}} \\ &= \frac{\text{Rp. 130.967.184} - \text{Rp. 95.700.000}}{60 - 48} \\ &= \text{Rp. 2.938.700} \end{aligned}$$

d) Lembur 4 Jam

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu lembur}} \\ &= \frac{\text{Rp. 141.329.610} - \text{Rp. 95.700.000}}{60 - 45} \\ &= \text{Rp. 3.041.974} \end{aligned}$$

Rekapitulasi Perhitungan Percepatan

Perhitungan percepatan yang telah dilakukan pada pekerjaan lintas kritis maka diketahui produktivitas tenaga kerja per hari dan per jam. Pada permasalahan keterlambatan ini terdapat solusi yang efektif yaitu dibuatnya skenario percepatan berupa penambahan jam lembur mulai dari 1 jam hingga 4 jam. Hasil dari perhitungan keseluruhan pada waktu dan biaya akibat percepatan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 6. Biaya dan Waktu Pembangunan Akibat Percepatan

Penambahan Jam lembur	Durasi Proyek		Pengurangan Durasi	Biaya Upah Pekerjaan		Penambahan Biaya
	Normal	Percepatan		Biaya normal	Biaya Percepatan	
1		269	29		Rp. 512.211.777	Rp. 36.901.777
2	298	249	49	Rp. 475.310.000	Rp. 572.925.384	Rp. 97.615.384
3		236	62		Rp. 657.564.403	Rp. 182.254.403
4		229	69		Rp. 709.788.708	Rp. 234.478.708

Dari perhitungan di atas dengan kondisi keterlambatan proyek selama 21 hari, percepatan yang efektif untuk mengatasi keterlambatan yaitu dengan penambahan lembur 1 jam, sehingga didapat pengurangan durasi 29 hari dan bahkan lebih cepat. Proyek dapat diselesaikan pada tepat waktu yaitu di minggu ke 52. Penambahan 1 jam lembur/ kerja menyebabkan penambahan biaya sebesar Rp. 36.901.777 dengan total Rp. 512.211.777 dari biaya normal sebesar Rp. 475.310.000.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data serta hasil analisis biaya dan waktu pelaksanaan Proyek Pembangunan Perumahan Mulyahurip Anugrah Persada Kota Sumedang, maka diperoleh beberapa Kesimpulan yaitu sebagai berikut:

Hasil dari identifikasi pekerjaan yang masuk ke dalam lintasan kritis pada Pembangunan Perumahan Mulyahurip

Anugrah Persada Kota Sumedang terdapat 15 item pekerjaan berdasarkan identifikasi dengan menggunakan *Ms. Project* diantara lainnya yaitu, ada pekerjaan tanah dan pondasi ada 5 item pekerjaan, pekerjaan struktur beton ada 4 item pekerjaan, pekerjaan dinding ada 4 item pekerjaan, dan pekerjaan lain-lain 2 item pekerjaan.

Skenario pemilihan pada pekerjaan kritis yang paling optimum yaitu pada penambahan 1 jam lembur yang mengakibatkan kenaikan biaya sebesar Rp. 36.901.777 dan efisiensi waktu 29 hari dari 285 hari aktual di lapangan dengan biaya pekerjaan semula Rp. 475.310.000 bertambah menjadi Rp. 512.211.777, sehingga pembangunan dapat diselesaikan dengan tepat waktu bahkan lebih cepat dari rencana yaitu 356 hari dari durasi rencana 364 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Babu, A. J. G., & Suresh, N. (1996). Project Management With Time, Cost, and Quality Considerations. *European Journal of Operational Research*, 88(2), 320–327.
- [2] Cottrell, W. D. (2011). Simplified Program Evaluation and Review Technique (PERT), (February), 16–22.
- [3] Goldratt, E. (1997). *Critical Chain*. Great Barrington: North River Press.
- [4] Madyatmadja, E. D., Liliana, L., Andry, J. F., & Tannady, H. (2020). Risk Analysis of Human Resource Information Systems Using Cobit 5. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(21), 3357-3367.
- [5] Yaqin, H. N., Tjendani, H. T., Witjaksana, B., 2023, Analysis of The Acceleration of Time and Cost of Implementing Building Construction Projects Using The Critical Path Method (CPM), Vol. 4, No. 2, 336-346, <https://doi.org/10.36418/dev.v4i2.388>
- [6] F. Abbasi and T. Allahviranloo, "Realistic solution of fuzzy critical path problems, case study: the airport's cargo ground operation systems," *Granular Computing*, vol. 8, no. 3, pp. 617–632, May 2023, <https://doi.org/10.1007/s41066-022-00347-w>
- [7] S. Pandiyan, T. S. Lawrence, V. Sathiyamoorthi, M. Ramasamy, Q. Xia, and Y. Guo, "A performance-aware dynamic scheduling algorithm for cloud-based IoT applications," *Computer Communications*, vol. 160, pp. 512–520, Jul. 2020, <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.06.016>
- [8] Z. Karaca and T. Onargan, "The Application of Critical Path Method (CPM) in Workflow Schema of Marble Processing Plants," *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 22, no. 1, pp. 37–44, Jan. 2007, <https://doi.org/10.1080/10426910601015865>
- [9] C. Q. Dai, C. Li, S. Fu, J. Zhao, and Q. Chen, "Dynamic Scheduling for Emergency Tasks in Space Data Relay Network," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 1, pp. 795–807, Jan. 2021, <https://doi.org/10.1109/TVT.2020.3045140>
- [10] N. R. Shankar, V. Sireesha, and P. P. B. Rao, "An Analytical Method for Finding Critical Path in a Fuzzy Project Network," *International Journal of Contemporary Mathematical Sciences*, vol. 5, pp. 953–962, 2010.
- [11] G. B. Alkan, "Project Management's Effect on Production Costs in Shipbuilding Industry," M.S. thesis, Istanbul University Institute of Science, Istanbul, Turkey, 2006.
- [12] W. Ruslan, *Project Management: Network*. South Jakarta, Indonesia: Atma Jaya Catholic University of Indonesia, 2019.
- [13] O. M. ElSahly, S. Ahmed, and A. Abdelfatah, "Systematic Review of the Time-Cost Optimization Models in Construction Management," *Sustainability*, vol. 15, no. 6, Jan. 2023, Art. no. 5578, <https://doi.org/10.3390/su15065578>
- [14] Abuhasel, K. 2023. Sustainable Green City Development Project Analysis using the Critical Path Method (CPM) and the Crashing Project Method on Time and Cost Optimization. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 13, 3 (Jun. 2023), 10973–10977. DOI:<https://doi.org/10.48084/etasr.5980>.