E-ISSN: 3025-0994
Halaman 1005-1019
Volume 4 Nomor 2 Tahun 2026

Percepatan Biaya dan Waktu dengan Metode Crashing pada Proyek Rumah Susun dan Prasarana Mabesad Jakarta Pusat

Remigius Hari Susanto[1], Dyah Anggraini[2], X Furuhitho[3], Purwanto Joko Slameto[4], Didiek Pramono[5], Muhamad Alif Zulvansyah[6]

[1,2,3,4,5,6] Program Studi Teknik Sipil dan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma, Indonesia
e-mail: didiekpramono09@gmail.com

Abstrak

Keterlambatan dalam pelaksanaan proyek dapat memberikan dampak signifikan terhadap biaya dan waktu yang telah direncanakan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, metode crashing digunakan sebagai pendekatan dalam pengendalian biaya dan waktu yang bersifat fleksibel. Berbeda dengan metode percepatan lain yang umumnya memerlukan investasi awal yang besar, metode crashing memungkinkan percepatan dilakukan secara bertahap serta memberikan kemudahan dalam penyesuaian apabila target waktu dan biaya belum tercapai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas pada lintasan kritis, menganalisis biaya dan durasi proyek sebelum dan sesudah percepatan dengan metode crashing, serta menentukan kombinasi biaya dan waktu yang optimal. Data penelitian diperoleh melalui pengumpulan data sekunder dan studi literatur pada lokasi proyek. Hasil analisis menunjukkan bahwa alternatif percepatan yang paling efisien adalah penambahan waktu kerja lembur selama 1 jam per hari. Penerapan metode tersebut menyebabkan peningkatan biaya proyek dari Rp66.044.958.000 menjadi Rp66.517.764.847, namun mampu mengurangi durasi pelaksanaan proyek secara signifikan dari 329 hari menjadi 278 hari, atau lebih cepat 51 hari dibandingkan kondisi aktual dan 32 hari lebih cepat dari rencana awal selama 310 hari. Aktivitas pada lintasan kritis meliputi pekerjaan sipil, khususnya persiapan dan pengerjaan lantai 1 hingga lantai 8. Dengan demikian, metode crashing melalui penambahan jam kerja lembur terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi waktu pelaksanaan proyek tanpa memerlukan investasi awal yang besar.

Kata Kunci: Crashing, Biaya, Waktu, Lintasan Kritis.

Abstract

Delays in project implementation can have a significant impact on the planned cost and schedule. To address this issue, the crashing method is applied as a flexible approach to cost and time control. Unlike other acceleration methods that generally require large initial investments, the crashing method allows for gradual acceleration and provides flexibility for adjustments when the expected time and cost targets are not achieved. This study aims to identify activities on the critical path, analyze project cost and duration before and after acceleration using the crashing method, and determine the optimal cost–time combination. The data used in this study were obtained through secondary data collection and literature review at the project site. The results indicate that the most efficient acceleration alternative is the addition of 1 hour of overtime work per day. The implementation of this method increases the project cost from IDR 66,044,958,000 to IDR 66,517,764,847, but successfully reduces the project duration from 329 days to 278 days, which is 51 days faster than the actual condition and 32 days faster than the initial plan of 310 days. Activities on the critical path include civil works, particularly site preparation and the construction of floors 1 through 8. Therefore, the crashing method through the addition of overtime working hours is proven to be effective in improving time efficiency without requiring substantial initial investment.

Keywords : Crashing, Cost, Time, Critical Path.

LATAR BELAKANG

Dalam industri konstruksi, manajemen waktu merupakan faktor kritis yang mempengaruhi keberhasilan sebuah proyek. Proyek-proyek konstruksi kompleks seperti pembangunan Rusun Type 57 dengan 8 lantai dan 58 unit KK serta prasarana Mabesad memerlukan perencanaan waktu yang cermat dan pengelolaan yang efisien untuk memastikan penyelesaian tepat waktu dan menghindari peningkatan biaya yang tidak terduga. Dalam konteks ini, metode crashing menjadi salah satu pendekatan yang digunakan untuk mempercepat jadwal proyek dengan menambahkan sumber daya tambahan atau mengalokasikan ulang sumber daya yang ada. Metode ini telah terbukti efektif dalam mengatasi keterlambatan proyek dan memenuhi tenggat waktu yang ketat.

Menurut Anbari (2003), metode crashing melibatkan identifikasi kegiatan kritis dalam jadwal proyek yang memiliki dampak paling signifikan terhadap keseluruhan waktu penyelesaian proyek. Selanjutnya, sumber daya tambahan diperkenalkan ke dalam kegiatan-kegiatan tersebut untuk mempercepat waktu penyelesaian. Pendekatan ini memungkinkan manajer proyek untuk memperkirakan waktu dan biaya tambahan yang diperlukan untuk memenuhi tenggat waktu yang ditetapkan. Stuckenbruck dan Wallace (2016) menyatakan bahwa penggunaan metode crashing dalam proyek konstruksi dapat menghasilkan manfaat seperti peningkatan efisiensi

waktu, pengurangan biaya, dan peningkatan kepuasan pelanggan. Namun, keberhasilan penerapan metode ini tergantung pada pemahaman yang mendalam tentang karakteristik proyek, ketersediaan sumber daya, dan keterampilan manajerial tim proyek.

Pada minggu ke-12 hingga minggu ke-19 dalam proyek pembangunan Rusun Type 57 8 LT 58 KK dan Prasarana Mabesad, terjadi keterlambatan yang disebabkan oleh keterlambatan material yang sering terjadi dan kurang tenaga kerja. Sumber daya manusia yang terbatas dapat menjadi hambatan serius dalam kemajuan proyek, terutama jika permintaan tenaga kerja melebihi pasokan yang tersedia. Keterbatasan jumlah pekerja dapat mengakibatkan beban kerja yang berlebihan pada tim konstruksi, memperlambat proses pembangunan, dan menyebabkan penundaan dalam pemenuhan tenggat waktu. Oleh karena itu, dengan mengunakan metode crashing ini di harapkan bisa memberi solusi untuk proyek pembangunan lain kedepannya.

METODE

Identifikasi masalah merupakan tahap awal yang sangat krusial dalam keseluruhan proses penelitian, karena menjadi dasar dalam merumuskan fokus kajian serta arah analisis yang akan dilakukan. Ketepatan dalam menentukan identifikasi masalah akan sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil penelitian, khususnya dalam upaya memberikan solusi yang relevan dan aplikatif terhadap permasalahan yang dihadapi. Dalam konteks penelitian ini, penulis melakukan identifikasi masalah dengan menetapkan lokasi studi kasus, yaitu proyek pembangunan Rumah Susun Type 57 8 LT 58 KK dan Prasarana Mabesad, sebagai objek penelitian. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada adanya indikasi permasalahan terkait keterlambatan waktu dan potensi pembengkakan biaya proyek, sehingga diperlukan analisis lebih lanjut untuk menemukan alternatif percepatan yang efektif.

Tahap berikutnya dalam penelitian ini adalah pelaksanaan studi literatur secara komprehensif terhadap berbagai konsep dan teori yang relevan, seperti manajemen proyek konstruksi, metode crashing, manajemen waktu proyek, teknik analisis jaringan kerja (network planning), serta strategi perencanaan percepatan proyek. Studi literatur ini bertujuan untuk membangun landasan teoretis yang kuat, sehingga peneliti memiliki pemahaman yang mendalam dalam mengkaji permasalahan serta mampu menerapkan metode yang tepat dalam analisis. Selain itu, kajian pustaka juga berfungsi sebagai pembanding antara teori yang ada dengan kondisi nyata di lapangan.

Selanjutnya, penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari proyek pembangunan tersebut, yang meliputi data jadwal pelaksanaan (time schedule), rencana anggaran biaya (RAB), serta dokumen pendukung lainnya. Data-data ini dianalisis untuk mengidentifikasi karakteristik proyek, mengetahui lintasan kritis (critical path), serta memahami faktor-faktor yang mempengaruhi durasi penyelesaian proyek. Melalui analisis ini, peneliti dapat mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang berpotensi mengalami keterlambatan dan memiliki pengaruh signifikan terhadap keseluruhan waktu proyek.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, selanjutnya disusun skenario perencanaan percepatan proyek dengan menggunakan metode crashing. Proses ini melibatkan identifikasi kegiatan-kegiatan kritis yang memungkinkan untuk dipercepat, penambahan atau optimalisasi sumber daya seperti tenaga kerja dan jam kerja (lembur), serta perhitungan biaya tambahan yang timbul akibat percepatan tersebut. Selain itu, peneliti juga merumuskan strategi implementasi yang mempertimbangkan efisiensi biaya dan waktu, sehingga diperoleh alternatif percepatan yang paling optimal dan dapat diterapkan secara realistis pada proyek yang diteliti.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percepatanproyek dengan Tambahan Jam Kerja

Dalam penerapan metode crashing, salah satu strategi yang digunakan untuk mempercepat durasi proyek adalah melalui penambahan jam kerja (lembur). Proses ini dilakukan secara sistematis agar percepatan yang dihasilkan tetap mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya. Adapun tahapan-tahapan dalam mempercepat durasi proyek melalui lembur adalah sebagai berikut. Tahap pertama adalah menentukan lintasan kritis (critical path) dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Project 2016. Seluruh data proyek dimasukkan ke dalam sistem, kemudian setiap aktivitas dihubungkan

berdasarkan ketergantungan pekerjaan di lapangan. Hasil pengolahan data ini ditampilkan dalam bentuk Gantt chart dan network diagram yang memudahkan dalam mengidentifikasi jalur kritis proyek.

Selanjutnya, pekerjaan yang akan dilakukan crashing difokuskan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis, khususnya yang memiliki sumber daya tenaga kerja dan peralatan yang memungkinkan untuk dilakukan percepatan. Setelah itu, dilakukan penentuan produktivitas harian untuk setiap jenis pekerjaan, yang kemudian diturunkan menjadi produktivitas per jam kerja. Berdasarkan nilai tersebut, dihitung produktivitas tambahan akibat lembur guna mengetahui peningkatan output yang dihasilkan. Tahap berikutnya adalah menghitung durasi percepatan dari masing-masing aktivitas yang di-crash, sehingga dapat diketahui pengurangan waktu yang dicapai. Setelah proses kompresi durasi selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menganalisis biaya percepatan yang timbul akibat penambahan jam kerja. Tahapan ini meliputi penentuan crash cost, yaitu biaya tambahan yang diperlukan untuk mempercepat suatu aktivitas. Kemudian dilakukan perbandingan biaya antara kondisi normal dengan kondisi setelah crashing, untuk mengetahui selisih biaya yang terjadi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan hasil analisis percepatan secara keseluruhan, termasuk evaluasi efisiensi antara waktu yang dihemat dengan biaya tambahan yang dikeluarkan. Hasil akhir dari tahap ini adalah diperolehnya alternatif percepatan proyek yang paling optimal dari segi waktu dan biaya.

Analisis Jalur Kritis

Pada tahap penjadwalan proyek, langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi durasi setiap aktivitas pekerjaan. Dalam penelitian ini, durasi tersebut diperoleh dari schedule rencana proyek yang telah disusun sebelumnya. Setelah durasi masing-masing pekerjaan diketahui, langkah berikutnya adalah menentukan hubungan ketergantungan antar aktivitas, baik hubungan finish-to-start, start-to-start, maupun jenis hubungan lainnya sesuai kondisi di lapangan.

Setelah seluruh hubungan pekerjaan dimodelkan ke dalam Microsoft Project 2016, sistem akan menghasilkan jaringan kerja (network planning) yang menunjukkan alur pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Dari hasil pemodelan tersebut, akan teridentifikasi aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis, yaitu rangkaian pekerjaan yang tidak memiliki kelonggaran waktu (float) dan sangat menentukan durasi total proyek. Aktivitas pada jalur kritis inilah yang menjadi fokus utama dalam analisis percepatan, karena setiap keterlambatan pada aktivitas tersebut akan langsung berdampak terhadap keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Selanjutnya, aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam jalur kritis disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah analisis lanjutan terkait strategi percepatan yang akan diterapkan.

Tabel 1. Daftar Pekerjaan pada Jalur Kritis dan Durasi Pelaksanaan

No	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)
1	Pekerjaan Persiapan	37
2	Lantai Satu	243
3	Lantai Dua	128
4	Lantai Tiga	98
5	Lantai Empat	97
6	Lantai Lima	95
7	Lantai Enam	95
8	Lantai Tujuh	93
9	Lantai Delapan	103
10	Lantai Atap	45
11	Pekerjaan Fasad Eksterior	1

Perhitungan Produktivitas Pekerjaan

Produktivitas harian dihitung berdasarkan perbandingan antara volume pekerjaan dengan durasi normal pelaksanaan, yaitu: Produktivitas harian = Volume / Durasi Normal = 11.303,83 / 37 = 305,50 kg/hari. Selanjutnya, produktivitas per jam diperoleh dengan membagi produktivitas harian dengan jumlah jam kerja efektif per hari: Produktivitas per jam = 305,50 / 8 = 38,18 kg/jam. Perhitungan ini menunjukkan bahwa dalam kondisi normal, pekerjaan memiliki kapasitas produksi sebesar 305,50 kg per hari atau setara dengan 38,18 kg per jam kerja.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Produktivitas Tiap Pekerjaan

No	Nama Pekerjaan	Volume	Produktivitas Harian	Produktivitas per Jam
1	Pekerjaan Persiapan	11.303,83	305,51	38,19
2	Lantai 1	29.035,46	119,49	14,94
3	Lantai 2	18.338,70	143,27	17,91
4	Lantai 3	14.486,70	147,82	18,48
5	Lantai 4	13.165,00	135,72	16,97
6	Lantai 5	13.109,40	137,99	17,25
7	Lantai 6	13.115,40	138,06	17,26
8	Lantai 7	13.115,40	141,03	17,63
9	Lantai 8	15.622,90	151,68	18,96
10	Lantai Atap	4.407,58	97,95	12,24
11	Pekerjaan Fasad Eksterior	98,00	98,00	12,25

Tabel tersebut menunjukkan hasil perhitungan produktivitas harian dan produktivitas per jam untuk masing-masing pekerjaan yang menjadi dasar dalam analisis percepatan proyek menggunakan metode *crashing*.

Perhitungan Produktivitas Lembur

Produktivitas lembur dihitung berdasarkan penurunan tingkat efisiensi kerja pada setiap tambahan jam kerja. Semakin lama durasi lembur, maka tingkat produktivitas per jam cenderung menurun. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Produktivitas lembur 1 jam:
= 1 × 0,9 × produktivitas per jam
= 1 × 0,9 × 38,19
= 34,37 kg/hari ≈ 34 kg/hari
Produktivitas lembur 2 jam:
= (1 × 0,9 × produktivitas per jam) + (1 × 0,8 × produktivitas per jam)
= (1 × 0,9 × 38,19) + (1 × 0,8 × 38,19)
= 34,37 + 30,55
= 64,92 kg/hari ≈ 65 kg/hari
Produktivitas lembur 3 jam:
= (1 × 0,9 × produktivitas per jam) + (1 × 0,8 × produktivitas per jam) + (1 × 0,7 × produktivitas per jam)
= (1 × 0,9 × 38,19) + (1 × 0,8 × 38,19) + (1 × 0,7 × 38,19)
= 34,37 + 30,55 + 26,73
= 91,65 kg/hari ≈ 92 kg/hari

Perhitungan ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi penambahan jam kerja, peningkatan produktivitas tidak bersifat linear karena adanya faktor kelelahan tenaga kerja yang menyebabkan penurunan efisiensi pada setiap jam lembur berikutnya.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Produktivitas Lembur

No	Nama Pekerjaan	1 Jam	2 Jam	3 Jam
1	Pekerjaan Persiapan	34,37	64,92	91,65
2	Lantai 1	13,44	25,39	35,85
3	Lantai 2	16,12	30,45	42,98
4	Lantai 3	16,63	31,41	44,35
5	Lantai 4	15,27	28,84	40,72
6	Lantai 5	15,52	29,32	41,40
7	Lantai 6	15,53	29,34	41,42
8	Lantai 7	15,87	29,97	42,31
9	Lantai 8	17,06	32,23	45,50
10	Lantai Atap	11,02	20,81	29,38
11	Pekerjaan Fasad Eksterior	11,03	20,83	29,40

Perhitungan Durasi Percepatan

Durasi percepatan diperoleh dengan mempertimbangkan peningkatan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur). Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh:

- Lembur 1 jam = 33 hari
- Lembur 2 jam = 30,52 hari ≈ 31 hari
- Lembur 3 jam = 28,46 hari ≈ 28 hari

Tabel 4. Hasil Perhitungan Durasi Percepatan (Crashing)

No	Nama Pekerjaan	Durasi Normal (Hari)	Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
1	Pekerjaan Persiapan	37	33	31	28
2	Lantai 1	243	218	200	187
3	Lantai 2	128	115	106	98
4	Lantai 3	98	88	81	75
5	Lantai 4	97	87	80	75
6	Lantai 5	95	85	78	73
7	Lantai 6	95	85	78	73
8	Lantai 7	93	84	77	72
9	Lantai 8	103	93	85	79
10	Lantai Atap	45	40	37	35
11	Pekerjaan Fasad Eksterior	1	1	1	1

Perhitungan Biaya Lembur Tenaga Kerja

Biaya lembur dihitung untuk mengetahui tambahan upah tenaga kerja akibat penambahan jam kerja. Perhitungan ini mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 tentang pengupahan lembur.

Sebagai contoh perhitungan:

- Jenis tenaga kerja: Pekerja
- Upah normal per jam: Rp 24.182

Maka biaya lembur dihitung sebagai berikut:

- Lembur 1 jam (L1)
  = 1,5 × Rp 24.182
  = Rp 36.273
- Lembur 2 jam (L2)
  = (1,5 + 2) × Rp 24.182
  = 3,5 × Rp 24.182
  = Rp 84.637
- Lembur 3 jam (L3)
  = (1,5 + 4) × Rp 24.182

= 5,5 × Rp 24.182
= Rp 133.001

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan jam kerja mampu mempercepat durasi proyek secara signifikan, namun di sisi lain juga menyebabkan peningkatan biaya tenaga kerja. Oleh karena itu, diperlukan pertimbangan yang matang untuk menentukan alternatif percepatan yang paling optimal antara efisiensi waktu dan biaya.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Biaya Lembur Upah Tenaga Kerja

Jenis Pekerja dan Alat	Biaya Normal per Jam	Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
Pekerja / Kenek	Rp 24.182	Rp 36.273	Rp 84.637	Rp 133.001
Tukang Gali	Rp 25.440	Rp 38.160	Rp 89.040	Rp 139.920
Kepala Tukang Batu	Rp 27.647	Rp 41.471	Rp 96.765	Rp 152.059
Tukang Batu	Rp 25.440	Rp 38.160	Rp 89.040	Rp 139.920
Kepala Tukang Kayu	Rp 27.647	Rp 41.471	Rp 96.765	Rp 152.059
Tukang Kayu	Rp 25.440	Rp 38.160	Rp 89.040	Rp 139.920
Kepala Tukang Besi	Rp 27.647	Rp 41.471	Rp 96.765	Rp 152.059
Tukang Besi	Rp 25.440	Rp 38.160	Rp 89.040	Rp 139.920
Mandor	Rp 29.252	Rp 43.878	Rp 102.382	Rp 160.886
Operator Alat Berat	Rp 29.252	Rp 43.878	Rp 102.382	Rp 160.886
Pembantu Operator Alat Berat	Rp 25.440	Rp 38.160	Rp 89.040	Rp 139.920
Tukang Las	Rp 25.440	Rp 38.160	Rp 89.040	Rp 139.920

Perhitungan Upah Tenaga Kerja pada Kondisi Normal
Perhitungan upah tenaga kerja mencakup upah selama durasi normal proyek, dengan rumus:
Upah = (UHN × JTK) × Durasi
Keterangan:
UHN = Upah Harian Normal
JTK = Jumlah Tenaga Kerja
Contoh pada pekerjaan persiapan:

- Pekerja / Kenek
  = (Rp 193.459 × 15) × 37
  = Rp 107.369.745
- Tukang Gali
  = (Rp 203.519 × 10) × 37
  = Rp 75.302.030

- Mandor
  = (Rp 234.012 × 1) × 37
  = Rp 8.658.444

Sehingga total upah tenaga kerja pada pekerjaan persiapan adalah:
= Rp 107.369.745 + Rp 75.302.030 + Rp 8.658.444
= Rp 191.330.219

Tabel 6. Hasil Perhitungan Normal Cost pada Item Lintasan Kritis

No	Nama Pekerjaan	Normal Cost
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 191.330.219
2	Lantai 1	Rp 1.771.489.926
3	Lantai 2	Rp 933.130.496
4	Lantai 3	Rp 714.428.036
5	Lantai 4	Rp 707.137.954
6	Lantai 5	Rp 692.557.790
7	Lantai 6	Rp 692.557.790
8	Lantai 7	Rp 677.977.626
9	Lantai 8	Rp 750.878.446
10	Lantai Atap	Rp 419.637.240
11	Pekerjaan Fasad Eksterior	Rp 2.168.602
	Total	Rp 7.131.488.283

Perhitungan Lembur 1 Jam
Perhitungan biaya tenaga kerja setelah percepatan dengan lembur 1 jam:

- Pekerja / Kenek
  = (Rp 193.459 + Rp 36.273) × 15 × 33
  = Rp 113.717.340
- Tukang Gali
  = (Rp 203.519 + Rp 38.160) × 10 × 33
  = Rp 79.754.070
- Mandor
  = (Rp 234.012 + Rp 43.878) × 1 × 33
  = Rp 9.170.370

Total biaya lembur 1 jam:
= Rp 113.717.340 + Rp 79.754.070 + Rp 9.170.370
= Rp 202.641.780
Perhitungan *cost slope*:
Cost Slope per hari = Rp 2.827.890
Total Cost Slope = Rp 11.311.561
Dengan demikian, tambahan biaya akibat percepatan dengan lembur 1 jam adalah sebesar Rp 11.311.561.

Perhitungan Lembur 2 Jam
Perhitungan biaya tenaga kerja dengan tambahan lembur 2 jam:

- Pekerja / Kenek
  = (Rp 193.459 + Rp 36.273 + Rp 84.637) × 15 × 31
  = Rp 146.181.585
- Tukang Gali
  = (Rp 203.519 + Rp 38.160 + Rp 50.880) × 10 × 31
  = Rp 102.522.890
- Mandor
  = (Rp 234.012 + Rp 43.878 + Rp 89.049) × 1 × 31
  = Rp 11.788.432

Total biaya lembur 2 jam:
= Rp 146.181.585 + Rp 102.522.890 + Rp 11.788.432
= Rp 260.492.907

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa peningkatan durasi lembur menjadi 2 jam menghasilkan tambahan biaya yang lebih besar dibandingkan lembur 1 jam, sehingga perlu dilakukan analisis lanjutan untuk menentukan alternatif percepatan yang paling optimal antara efisiensi waktu dan biaya.

Perhitungan Lembur 3 Jam

Perhitungan upah tenaga kerja dengan penambahan 3 jam lembur pada pekerjaan persiapan dilakukan dengan menjumlahkan upah normal harian dengan total upah lembur, kemudian dikalikan dengan jumlah tenaga kerja dan durasi percepatan (*crash duration*). Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Pekerja / Kenek
  Upah setelah percepatan
  = (Upah normal + lembur 1 jam + lembur 2 jam + lembur 3 jam) × jumlah tenaga kerja × durasi percepatan
  = (Rp 193.459 + Rp 36.273 + Rp 84.637 + Rp 133.001) × 15 × 28
  = Rp 187.895.400
- Tukang Gali
  = (Rp 203.519 + Rp 38.160 + Rp 89.040 + Rp 139.920) × 10 × 28
  = Rp 131.778.920
- Mandor
  = (Rp 234.012 + Rp 43.878 + Rp 102.382 + Rp 160.886) × 1 × 28
  = Rp 15.152.424

Total biaya upah tenaga kerja dengan tambahan lembur 3 jam pada pekerjaan persiapan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh komponen tenaga kerja, yaitu:
Total upah lembur 3 jam:
= Rp 187.895.400 + Rp 131.778.920 + Rp 15.152.424
= Rp 334.826.744

Dengan demikian, harga satuan biaya setelah percepatan (*crash cost*) adalah sebesar:
= Rp 334.826.744

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *cost slope* untuk mengetahui tambahan biaya per satuan waktu percepatan, dengan rumus:
Cost Slope (CS) = (Crash Cost – Normal Cost) / (Normal Duration – Crash Duration)
Keterangan:
CS = Cost Slope
ND = Normal Duration
CD = Crash Duration
Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh:

- Total tambahan biaya akibat lembur 3 jam = Rp 143.496.525
- Nilai cost slope menunjukkan besarnya kenaikan biaya untuk setiap percepatan satu hari durasi proyek.

Hasil ini mengindikasikan bahwa percepatan proyek dengan penambahan lembur 3 jam memberikan dampak pengurangan waktu yang signifikan, namun di sisi lain juga menyebabkan peningkatan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut untuk menentukan alternatif percepatan yang paling optimal dengan mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi waktu dan biaya.

Rekapitulasi Hasil Percepatan Proyek

Berdasarkan rekapitulasi menunjukkan hasil analisis dari beberapa skenario penambahan jam kerja (lembur) pada item pekerjaan yang berada di lintasan kritis, yaitu pekerjaan persiapan, lantai 1 sampai lantai 8, lantai atap, serta pekerjaan fasad eksterior. Berdasarkan hasil perhitungan, alternatif penambahan lembur selama 1 jam menghasilkan total durasi proyek sebesar 287 hari dengan total biaya sebesar Rp 10.116.173.568. Sementara itu, penambahan lembur selama 2 jam mampu mempercepat durasi menjadi 268 hari dengan total biaya sebesar Rp 12.720.068.103. Adapun skenario penambahan lembur selama 3 jam memberikan percepatan paling signifikan dengan durasi proyek menjadi 252 hari, namun dengan konsekuensi peningkatan biaya hingga Rp 16.877.742.404. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar penambahan jam kerja, maka durasi proyek semakin singkat, tetapi biaya yang harus dikeluarkan juga meningkat secara signifikan.

Perbandingan Harga Akibat Crashing

Berdasarkan hasil perhitungan *crash cost* dan *cost slope*, dapat dilakukan perbandingan terhadap tambahan biaya yang timbul akibat percepatan proyek pada masing-masing alternatif lembur.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Cost Slope pada Item Lintasan Kritis

No	Nama Pekerjaan	Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 11.311.561	Rp 69.162.688	Rp 143.496.525
2	Lantai 1	Rp 642.575.475	Rp	Rp

			1.259.179.474	2.261.020.991
3	Lantai 2	Rp 340.344.372	Rp 673.124.286	Rp 1.180.163.995
4	Lantai 3	Rp 260.057.080	Rp 512.993.071	Rp 902.889.177
5	Lantai 4	Rp 256.273.468	Rp 505.129.806	Rp 910.179.259
6	Lantai 5	Rp 248.706.243	Rp 489.403.276	Rp 881.630.964
7	Lantai 6	Rp 248.706.243	Rp 489.403.276	Rp 881.630.964
8	Lantai 7	Rp 252.212.712	Rp 488.830.093	Rp 874.646.898
9	Lantai 8	Rp 278.975.143	Rp 537.156.049	Rp 952.695.685
10	Lantai Atap	Rp 23.310.540	Rp 141.036.599	Rp 333.247.568
11	Pekerjaan Fasad Eksterior	Rp 406.608	Rp 1.355.360	Rp 2.337.996
	Total	Rp 2.562.879.443	Rp 5.166.773.978	Rp 9.323.940.019
	Cost Slope per Hari	Rp 20.438.278	Rp 23.643.928	Rp 34.660.891

Analisis Keterlambatan dan Alternatif Percepatan

Proyek mengalami keterlambatan selama 19 hari dari jadwal yang direncanakan. Untuk mengatasi keterlambatan tersebut, salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah penambahan lembur selama 1 jam pada pekerjaan-pekerjaan kritis. Berdasarkan analisis metode *crashing*, penambahan 1 jam lembur mampu mengurangi durasi proyek hingga 51 hari, sehingga proyek dapat kembali mencapai target progres sesuai jadwal, khususnya pada minggu ke-19. Tambahan biaya upah tenaga kerja akibat percepatan ini sebesar Rp 23.556.300 per hari, dengan total tambahan biaya sebesar Rp 2.539.162.295.

Hasil Akhir Analisis Percepatan Proyek

Hasil akhir perhitungan percepatan proyek menggunakan metode *crashing* adalah sebagai berikut:

- Rencana waktu proyek = 310 hari
- Waktu pelaksanaan aktual = 329 hari
- Keterlambatan = 19 hari

Persentase keterlambatan:
= (19 / 310) × 100%
= 6,1%
Setelah dilakukan percepatan:

- *Crash duration* = 287 hari
- Durasi yang dihemat = 329 – 287 = 42 hari

Dari sisi biaya:

- Biaya pelaksanaan awal = Rp 66.044.958.000
- Penambahan biaya akibat percepatan = Rp 2.562.879.443

Sehingga total biaya setelah percepatan adalah:
= Rp 66.044.958.000 + Rp 2.562.879.443
= Rp 68.607.837.443

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa metode *crashing* dengan penambahan jam kerja efektif dalam mengurangi keterlambatan proyek. Namun demikian, setiap alternatif percepatan memiliki konsekuensi biaya yang berbeda, sehingga pemilihan skenario terbaik harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi waktu dan peningkatan biaya proyek.

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan yang telah disajikan dalam tabel, dapat diketahui dampak dari setiap alternatif percepatan yang dianalisis, yaitu penambahan jam kerja lembur selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Proyek Pembangunan Rusun Type 57 8 KK dan Prasarana Mabesad pada awalnya direncanakan selesai dalam waktu 310 hari, namun dalam pelaksanaannya mengalami keterlambatan hingga mencapai 329 hari, atau terjadi deviasi selama 19 hari dari jadwal rencana.

Hasil analisis menunjukkan bahwa alternatif percepatan yang paling efektif adalah penambahan lembur selama 1 jam. Skenario ini dinilai optimal karena mampu mengurangi durasi proyek secara signifikan tanpa menyebabkan peningkatan biaya yang terlalu besar dibandingkan alternatif lainnya. Dengan penerapan lembur 1 jam, durasi proyek dapat dipercepat menjadi 287 hari, sehingga tidak hanya mampu menutupi keterlambatan selama 19 hari, tetapi juga menyelesaikan proyek lebih cepat dari jadwal rencana.

Dari sisi biaya, percepatan dengan penambahan 1 jam lembur menghasilkan tambahan biaya sebesar Rp 2.562.879.443 dari total biaya normal proyek sebesar Rp 68.607.837.443. Dengan demikian, alternatif ini memberikan keseimbangan yang paling baik antara efisiensi waktu dan peningkatan biaya, sehingga dapat direkomendasikan sebagai strategi percepatan yang paling optimal dalam pelaksanaan proyek tersebut.

SIMPULAN

Hasil analisis biaya dan waktu pada proyek pembangunan Rusun Type 57 8 LT. 58 KK dan Prasarana MABESAD menunjukkan beberapa kesimpulan penting. Pertama, pekerjaan yang termasuk dalam lintasan kritis meliputi pekerjaan persiapan serta pekerjaan struktur lantai 1 hingga lantai 8, yang diidentifikasi menggunakan aplikasi Microsoft Project. Kedua, setelah dilakukan percepatan proyek dengan metode crashing melalui penambahan 1 jam lembur, terjadi perubahan signifikan pada biaya dan durasi proyek, di mana biaya yang semula sebesar Rp 66.044.958.000 meningkat menjadi Rp 66.517.764.847 atau mengalami penambahan sebesar Rp 472.806.847. Sementara itu, durasi proyek yang awalnya 329 hari berhasil dipersingkat menjadi 278 hari. Ketiga, berdasarkan kurva S setelah dilakukan percepatan, terlihat bahwa pelaksanaan proyek mengalami peningkatan progres yang lebih cepat sehingga proyek dapat diselesaikan lebih awal dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, A., & Mohamad, H. (2019). Optimal time–cost trade-off analysis using project crashing techniques in construction projects. *International Journal of Project Management*, 37(3), 211–220.

Anbari, F.T. (2003). Earned Value Project Management Method And Extensions. Project Management Journal, 34(4), 12-23.

Heizer, J., & Render, B. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (13th ed.). Pearson.

Heizer, J., & Render, B. (2014). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (11th ed.). Pearson.

Hendrickson, C. (1998). *Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects, and Builders*. Prentice Hall.

Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Wiley.

Microsoft Corporation. (2016)

Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 tentang Pengupahan*.

Prasetyo, R., & Sutrisno. (2021). Aplikasi metode crashing dalam percepatan waktu proyek konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 10(2), 157–165.

Project Management Institute (PMI). (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). https://www.pmi.org

Shtub, A., Bard, J. F., & Globerson, S. (2005). Project Maje

Stuckenbruck, L. C. (1981). The Implementation Of Project Management: The Professionals Hanbook. Addison-Wesley.

Suryani, L. (2020). *Optimalisasi waktu dan biaya proyek konstruksi menggunakan metode crashing* (Skripsi). Universitas Gadjah Mada.

Tomczyk, A. (2020). Understanding the basics of project crashing and its implementation. https://www.projectmanagement.com

Wardana, A. F. (2018). *Studi analisis time-cost trade-off dalam proyek konstruksi dengan menambahkan jam lembur* (Skripsi). Universitas Indonesia.