

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi sedang berkembang di berbagai negara, salah satunya Indonesia. Proyek dapat didefinisikan sebagai kerjasama antar sumber daya yang tersedia, meliputi manusia, material, alat, dan biaya yang diatur dalam suatu organisasi (Hasmarita, 2023). Sedangkan pengertian dari konstruksi menurut KBBI adalah model atau tata letak suatu bangunan, seperti jembatan, rumah, dan lain sebagainya. Proyek konstruksi dapat didefinisikan sebagai kegiatan yang dilaksanakan dengan jangka waktu yang telah ditentukan dan hanya terjadi satu kali dengan jangka waktu yang ditentukan berdasarkan tingkat kesulitannya, kecil dan besarnya proyek, serta faktor-faktor lainnya (Ervianto, 2023). Dalam suatu proyek konstruksi memiliki harapan dan tujuan yang berasal dari kendala suatu proyek konstruksi, yaitu sering disebut *triple constrain*. Hal-hal yang tercakup dalam *triple constrain* meliputi kendala kualitas, kendala waktu, dan kendala biaya (Ervianto, 2023). Kendala-kendala tersebut menjadi fokus suatu proyek konstruksi untuk mencapai kesesuaian kualitas dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan, waktu pelaksanaan yang sesuai dengan perencanaan, dan biaya tidak melebihi estimasi yang telah ditetapkan.

Tolak ukur suatu proyek konstruksi berasal dari kendala-kendala yang sering terjadi. Selain itu, ketiga hal tersebut merupakan sesuatu yang memiliki keterkaitan satu sama lain. Apabila salah satunya mengalami suatu kendala akan mempengaruhi hal lainnya, seperti keterlambatan dalam suatu proyek akan mempengaruhi anggaran biaya yang dikeluarkan. Hal tersebut menjadi alasan suatu proyek konstruksi harus memikirkan antara keseimbangan mutu, waktu, dan biaya.

2.1.2 Manajemen Proyek

Dalam suatu proyek konstruksi, manajemen proyek menjadi hal utama dalam mengatur setiap kegiatan. Manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai tahapan suatu proyek dari awal hingga akhir untuk memastikan bahwa proyek konstruksi berjalan baik dan tepat secara waktu, mutu, dan biaya (Ervianto, 2023).

Manajemen proyek yang baik akan berpengaruh terhadap kesesuaian dengan tujuan yang ingin dicapai suatu proyek. Dalam pelaksanaan suatu proyek bergantung pada manajemen dan sumber daya yang baik. Keterkaitan antara sumber daya dan manajemen yaitu manajemen berperan sebagai penggerak sekelompok orang untuk mencapai tujuan dan sasaran proyek yang telah ditetapkan, sehingga kegiatan suatu proyek berjalan efektif dan efisien.

Manajemen proyek sangat bergantung pada kelancaran berjalannya proyek. Hal-hal yang termasuk manajemen proyek yaitu perencanaan, pengorganisasian proyek, pelaksanaan, dan pengawasan. Seiring berjalannya waktu perlu adanya perkembangan dalam pelaksanaan manajemen proyek untuk menyesuaikan perkembangan teknologi. Perkembangan teknologi dalam melaksanakan proyek salah satunya pengimplementasian *Building Information Modeling* (BIM) dalam melakukan penjadwalan, pengawasan, pengendalian, dan pengelolaan pelaksanaan proyek (Wang, 2023). Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi dapat meningkatkan peningkatan kinerja pelaksanaan proyek.

2.1.3 Penjadwalan Proyek

Dalam suatu proyek konstruksi perlu adanya penjadwalan yang baik, guna memperoleh biaya dan waktu yang efektif dan efisien. Penjadwalan proyek adalah penyusunan waktu yang tersedia dalam melakukan setiap item pekerjaan untuk memperoleh waktu penyelesaian proyek yang optimal. Penjadwalan waktu proyek merupakan faktor penting yang harus direncanakan dengan baik. Hal tersebut karena penjadwalan dapat mempengaruhi faktor lain, seperti anggaran biaya, tenaga kerja, material, dan lainnya. Penjadwalan proyek berisi berbagai rincian pekerjaan dalam suatu proyek. Umumnya penjadwalan memiliki cakupan yang lebih detail, seperti urutan kegiatan pekerjaan, pengalokasian kegiatan pada fasilitas berdasarkan urutan waktu.

Tujuan dari penyusunan penjadwalan yaitu sebagai peningkat efisiensi dan efektivitas sumber daya, mengurangi kemungkinan keterlambatan penyelesaian proyek, dan lainnya. Dalam proses penyusunan jadwal proyek memiliki batasan atau syarat (*constraint*) dalam penyusunannya. *Constraint* dapat didefinisikan

sebagai aturan atau batasan yang tidak boleh dilanggar dalam proses penyusunan penjadwalan. Beberapa batasan dalam penjadwalan, antara lain:

1. Durasi setiap kegiatan harus sesuai dengan yang telah ditentukan.
2. Waktu penyelesaian proyek harus sesuai dengan rencana.
3. Beberapa kegiatan dilaksanakan setelah kegiatan sebelumnya selesai.

Kesesuaian metode yang digunakan dalam menyusun penjadwalan proyek harus tepat. Hal tersebut dilakukan untuk mencapai tujuan perencanaan waktu dalam menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitasnya. Metode yang digunakan dalam penyusunan penjadwalan, antara lain: (Fitrianto, 2019)

1. Bagan balok (*bar chart*)

Bar chart merupakan salah satu metode penjadwalan yang digunakan pada dunia konstruksi. *Bar chart* digunakan untuk melakukan indentifikasi waktu saat sebelum melakukan kegiatan (Widiasanti, 2013). *Bar chart* memiliki beberapa keunggulan, antara lain tingkat kemudahan dalam proses pembuatannya, mudah dipahami karena bentuknya yang jelas, dan dapat dikembangkan lebih jauh apabila digabungkan dengan metode lain. Akan tetapi, penggunaan *bar chart* kurang tepat digunakan dalam konstruksi dengan skala besar. Hal ini dikarenakan kekurangan metode *bar chart* informasi tidak rinci. Pada saat keterlambatan suatu konstruksi, metode ini kurang tepat karena urutan kegiatan tidak rinci, sehingga kegiatan utama yang diperiksa menjadi sulit dilakukan.

2. Kurva S (*S-Curves*)

Kurva S merupakan suatu grafik dalam sebuah penjadwalan yang menunjukkan *progress* pelaksanaan konstruksi berdasarkan kegiatan, waktu, bobot, dan persentase kumulatif suatu pekerjaan. Kurva S berfungsi untuk mempermudah dalam pengawasan terhadap kegiatan yang sedang dilakukan maupun yang baru ingin mulai pelaksanaannya. Kurva S dapat digunakan juga sebagai perbandingan terkait informasi proyek saat pelaksanaan dengan jadwal rencana, kelemahan yang terjadi pada metode ini yaitu hanya menunjukkan urutan pekerjaan, akan tetapi tidak dapat melihat keterkaitan antara kegiatan satu sama lain.

3. Metode jaringan kerja (*network diagram*)

Metode jaringan kerja merupakan salah satu metode penjadwalan dengan jaringan yang berisi lintasan urutan kegiatan dalam pelaksanaan proyek. Metode ini

memiliki keunggulan yaitu dapat mengetahui keterkaitan antar kegiatan. Dengan penggunaan metode ini, suatu proyek konstruksi dapat memprediksi lintasan kegiatan yang dapat menyebabkan keterlambatan. Selain itu, menggunakan metode ini dapat melihat lintasan kritis suatu item pekerjaan, sehingga suatu proyek dapat memprioritaskan item pekerjaan yang akan dilaksanakan. Metode kerja dibagi menjadi beberapa rincian metode yang umumnya digunakan, antara lain:

a. *Critical Path Method (CPM)*

CPM merupakan salah satu metode dalam metode jaringan kerja yang berorientasi dengan waktu. Penggunaan metode CPM menghasilkan lintasan kritis yang menghasilkan waktu terlama penyelesaiannya. Dengan metode ini selanjutnya dapat dianalisis untuk percepatan waktu penyelesaian suatu konstruksi. CPM merupakan metode yang menguraikan kegiatan dan durasi yang dibentuk menjadi suatu jaringan. Pada metode CPM memiliki keutamaan untuk memahami perhitungan maju dan mundur yang melibatkan durasi pelaksanaan proyek. Istilah-istilah yang digunakan pada metode CPM, antara lain:

- *Early Start (ES)* dan *Early Finish (EF)*

ES dapat diartikan sebagai waktu tercepat suatu pekerjaan dimulai setelah penyelesaian pekerjaan sebelumnya. Sedangkan EF dapat diartikan sebagai waktu tercepat suatu pekerjaan selesai dengan waktu mulai paling awal dan diselesaikan sesuai jadwal (Astari, 2021).

- *Late Start (LA)* dan *Late Finish (LF)*

LA dapat diartikan sebagai waktu terlambat suatu pekerjaan dimulai tanpa mengubah target akhir waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Sedangkan LF dapat diartikan sebagai waktu terlambat suatu pekerjaan selesai tanpa mengubah target akhir waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (Astari, 2021).

Pada metode CPM memiliki keutamaan dalam memahami hitungan maju dan hitungan mundur. Hitungan maju dimulai dari pekerjaan paling awal menuju pekerjaan akhir. Aturan yang digunakan pada hitungan maju yaitu waktu paling awal suatu pekerjaan diperoleh dari waktu mulai awal ditambahkan dengan durasi pekerjaan yang bersangkutan, dan aturan kedua pada hitungan maju yaitu

jika memiliki 2 pekerjaan sebelumnya yang tergabung, maka waktu mulai paling awal diperoleh dari waktu selesai paling awal yang terbesar dari pekerjaan sebelumnya. Hitungan mundur pada metode CPM dimulai dari pekerjaan yang paling akhir pada penyelesaian proyek. Aturan yang digunakan pada hitungan mundur yaitu waktu mulai paling akhir diperoleh dari waktu selesai paling akhir dikurang dengan durasi pekerjaan yang bersangkutan, dan aturan kedua hitungan mundur yaitu jika suatu pekerjaan memiliki lebih dari 2 pekerjaan berikutnya, maka waktu selesai paling akhir diperoleh dari waktu mulai paling akhir terkecil pekerjaan selanjutnya. Metode CPM memiliki ciri-ciri lain, yaitu metode yang digunakan *Activity On Arrow* (AOA), anak panah pada metode CPM digunakan untuk menggambarkan kegiatan dan peristiwa yang terjadi, pada metode CPM mengenal istilah *dummy* atau kegiatan semu yang menunjukkan hubungan keterkaitan antar pekerjaannya, dan pekerjaan selanjutnya dilakukan setelah pekerjaan sebelumnya telah selesai.

b. *Precedence Diagram Methode* (PDM)

PDM merupakan salah satu metode jaringan kerja berbentuk persegi panjang dengan anak panah yang menggambarkan hubungan antar pekerjaan dengan bentuk *Activity On Node* (AON). PDM menitikberatkan pekerjaan pada AON. Konsep dasar penggunaan metode ini untuk memulai pekerjaan selanjutnya tidak perlu menunggu pekerjaan sebelumnya selesai. Pada metode PDM menggunakan *node* untuk menunjukkan hubungan logis antar pekerjaan. Pada metode PDM aktivitas digambarkan dengan *node* dan urutan digambarkan dengan anak panah.

Ciri-ciri lain yang dimiliki metode PDM, antara lain metode yang digunakan PDM yaitu AON, kegiatan digambarkan dengan diagram yang menggunakan *node*, tidak mengenal *dummy* melainkan mengenal konstrain atau hubungan logis, kegiatan sebelumnya diperbolehkan dimulai walaupun kegiatan sebelumnya belum selesai. Pada metode PDM menggunakan konsep jarak hari antar pekerjaannya untuk mempermudah kegiatan penjadwalan. Selain itu, PDM memiliki 4 hubungan logis antar pekerjaannya, antara lain:

- *Finish to Start* (FS)

Hubungan logis ini menjelaskan bahwa pekerjaan selanjutnya dimulai setelah pekerjaan sebelumnya telah selesai (Widiasanti, 2013).

- *Start to Start (SS)*

Hubungan logis ini menjelaskan bahwa pekerjaan selanjutnya dapat dimulai bergantung pada mulainya pekerjaan sebelumnya. Pada beberapa pekerjaan mulainya pekerjaan selanjutnya tidak harus menunggu pekerjaan sebelumnya selesai (Widiasanti, 2013).

- *Finish to Finish (FF)*

Hubungan logis ini menjelaskan bahwa pekerjaan selanjutnya selesai bergantung pada selesainya pekerjaan sebelumnya.

- *Start to Finish (SF)*

Hubungan logis ini menjelaskan bahwa selesainya pekerjaan selanjutnya bergantung pada mulainya pekerjaan sebelumnya.

c. Metode *Project Evaluation and Review Technique (PERT)*

Metode PERT yaitu metode perencanaan penjadwalan dengan menggunakan jaringan pekerjaan yang dihubungkan dengan pertimbangan tertentu (Fazis, 2022). Metode ini memiliki parameter yang hampir sama dengan metode CPM. Perbedaan dengan metode CPM pada metode PERT yaitu melakukan penjadwalan dengan mempertimbangkan terhadap durasi pekerjaan yang tidak pasti. Penentuan jalur kritis pada metode PERT hanya mempertimbangkan *cruel* durasi saja. Ciri-ciri lain yang dimiliki metode PERT, antara lain penentuan pekerjaan berdasarkan 3 asumsi durasi yaitu *hopeful time* (t_o), *critical time* (t_p), dan *most likely time* (t_m). PERT memang berfungsi untuk menghadapi situasi dengan waktu yang tidak pasti. Selain waktu, PERT juga mengukur ketidakpastian terhadap parameter lain seperti deviasi, standar, dan varians.

2.1.4 Work Breakdown Structure (WBS)

WBS merupakan uraian pekerjaan pada suatu proyek yang lebih detail sehingga pelaksanaan, estimasi biaya, dan waktu proyek lebih mudah. WBS memiliki fungsi untuk memposisikan sub pekerjaan dengan lingkup sejenisnya. WBS dalam suatu proyek sangat penting karena menjadi dasar perencanaan RAB, penjadwalan, sumber daya, dan lainnya. WBS menampilkan detail sub pekerjaan

dalam suatu proyek yang memiliki banyak fungsi lainnya, seperti mempermudah menganalisis lintasan kritis, mempermudah untuk memperkirakan kebutuhan sumber daya dan biaya pada suatu proyek, dan lainnya. Pada dunia konstruksi, WBS berperan penting dalam memperkecil kemungkinan pelebaran lingkup kerja, memastikan pekerjaan yang dijalankan dapat sesuai dengan perencanaan, dan menghindari pembengkakan waktu dan biaya. WBS memiliki 2 pendekatan dalam proses pembuatannya, antara lain berdasarkan tujuan proyek dan berdasarkan *timeline* proyek. Maka dari itu, dalam suatu proyek memerlukan WBS yang baik dan diurutkan secara detail di setiap lingkungannya.

2.1.5 Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

AHSP merupakan analisis perhitungan harga satuan pekerjaan pada proyek konstruksi, meliputi analisis harga satuan bahan, upah, dan alat. AHSP dapat didefinisikan sebagai perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan harga satuan untuk jenis pekerjaan tertentu, melalui perhitungan tenaga kerja, peralatan, dan bahan (PUPR). Harga satuan pekerjaan berasal dari penjumlahan biaya langsung dan tidak langsung. Dalam perhitungan biaya, AHSP bergantung juga terhadap koefisien atau faktor pengali.

Berdasarkan skema harga satuan, dapat disimpulkan bahwa untuk memperoleh AHSP melalui penjumlahan dari upah, material, dan peralatan. Untuk memperoleh nilai analisa upah, material, maupun peralatan didapatkan melalui perkalian antara harga satuan pekerjaan dengan koefisien yang berkaitan.

2.1.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB merupakan estimasi biaya dalam suatu pelaksanaan proyek. Estimasi biaya pada RAB, meliputi seluruh keperluan proyek, mulai dari tahap persiapan sampai tahap penyelesaian. RAB juga dapat didefinisikan sebagai nilai uang yang diperlukan suatu proyek dan sudah diperhitungkan berdasarkan gambar rencana kerja, harga upah, material, susunan rencana biaya, dan daftar jumlah tiap jenis pekerjaan. Selain mengetahui jumlah pengeluaran biaya suatu proyek, RAB berfungsi untuk mengontrol pengeluaran per item pekerjaan, mencegah

keterlambatan pekerjaan, dan meminimalisir pembengkakan pengeluaran suatu proyek.

Dalam proses penyusunan RAB hal-hal yang perlu dipersiapkan yaitu volume per item pekerjaan dan AHSP yang berlaku pada proyek tersebut. Perhitungan volume pekerjaan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam proses perencanaan, karena ketepatan perhitungan volume pekerjaan mempengaruhi nilai RAB. Proses analisis perhitungan RAB bergantung pada dua hal tersebut.

2.1.7 Produktivitas Tenaga Kerja

Tenaga kerja dalam suatu proyek merupakan sesuatu yang sangat penting. Kinerja suatu proyek dapat dilihat melalui produktivitas tenaga kerja. Produktivitas tenaga kerja merupakan efisiensi dan efektivitas tenaga kerja dalam menyelesaikan item pekerjaan. Dalam suatu proyek, Tingkat produktivitas tenaga kerja dikatakan penting karena dapat dijadikan acuan perusahaan untuk mengembangkan atau mengevaluasi tingkat produktivitas.

Produktivitas tenaga kerja memiliki keterkaitan dengan RAB. Maka dari itu, untuk memperoleh biaya yang sesuai dengan RAB, jumlah tenaga kerja dengan tingkat produktivitasnya harus dipersiapkan. Hal ini agar tidak adanya pembengkakan biaya karena produktivitas tenaga kerja yang kurang maksimal. Dalam memperoleh jumlah tenaga kerja dalam mengerjakan per item pekerjaan menggunakan koefisien tenaga kerja sebagai indeksinya. Rumus yang digunakan untuk perhitungan produktivitas tenaga kerja yaitu:

$$\text{Produktivitas Tenaga Kerja} = \frac{1}{\text{Koefisien Tenaga Kerja}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Rumus yang digunakan untuk perhitungan jumlah tenaga kerja dalam satu hari per setiap pekerjaan yaitu:

$$\text{Jumlah Tenaga Kerja} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Pekerjaan} \times \text{Produktivitas Kerja}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Rumus yang digunakan untuk perhitungan upah tenaga kerja per hari yaitu:

$$\text{Upah Tenaga Kerja Per Hari} = \text{Harga Upah Per Hari} \times \text{Jumlah Tenaga Kerja} \dots\dots(2.3)$$

2.1.8 Perkiraan Biaya Proyek

Perkiraan biaya proyek merupakan tahap awal dalam memperkirakan biaya yang dikeluarkan suatu proyek. Tahap selanjutnya, perkiraan biaya dapat dijadikan untuk merencanakan dan mengendalikan tenaga kerja, material, maupun waktu. Perkiraan biaya proyek yaitu sesuatu yang memiliki penekanan. Hal tersebut dikarenakan perkiraan biaya proyek menjadi acuan owner untuk lanjut berinvestasi, acuan kontraktor untuk keuntungan finansial dari proyek yang dilaksanakan, dan acuan konsultan untuk memberikan anggaran biaya terbaik untuk merealisasikan proyek tersebut.

Menurut *National Estimating Society* – USA, perkiraan biaya didefinisikan sebagai keahlian memperkirakan estimasi biaya yang dibutuhkan suatu proyek berdasarkan informasi yang tersedia pada saat itu. Perkiraan biaya dan analisis biaya memiliki hubungan yang erat. Penyusunan perkiraan biaya dilakukan berdasarkan analisis pekerjaan pada proyek sebelumnya dan disusun berdasarkan perhitungan hal-hal yang mungkin terjadi pada proyek sekarang. Sedangkan analisis biaya fokus pada kajian biaya proyek sebelumnya untuk dijadikan sebagai masukan.

2.1.9 Modal Tetap Proyek

Modal tetap merupakan bagian biaya proyek yang digunakan untuk penyelesaian pelaksanaan proyek, mulai dari studi kelayakan, perencanaan, pelaksanaan konstruksi, sampai proyek tersebut selesai dan dapat digunakan (Soeharto, 1999). Biaya tetap dalam proyek konstruksi dibagi menjadi 2, antara lain:

1. Biaya langsung (*direct cost*)

Biaya langsung didefinisikan sebagai biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek konstruksi secara langsung. Biaya langsung meliputi seluruh hal yang menjadi komponen permanen hasil akhir penyelesaian proyek.

Rumus yang digunakan pada perhitungan biaya langsung yaitu:

$$\text{Biaya Langsung} = \text{Total Biaya Proyek} - (\text{Overhead} + \text{Profit}) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Biaya Langsung Crashing} = \text{Biaya Langsung Normal} + \text{Cost slope Pekerjaan Crashing} \dots\dots\dots(2.5)$$

Contoh biaya langsung pada suatu proyek yaitu pengadaan alat-alat berat, persiapan lahan, bangunan yang ingin dibangun, dan lainnya. Menurut Pasal 4 ayat (2) Peraturan Menteri PUPR No 8 Tahun 2023, biaya langsung diperoleh berdasarkan 3 komponen, antara lain:

a. Tenaga kerja

Biaya tenaga kerja merupakan anggaran yang perlu dikeluarkan untuk memberi upah dan tunjangan para pekerja. Biaya upah memiliki beberapa kategori yaitu upah harian, borongan, dan upah berdasarkan produktivitas tenaga kerja.

b. Bahan atau material

Biaya material merupakan anggaran yang perlu dikeluarkan untuk pembelian material yang dibutuhkan suatu proyek. Biaya ini termasuk dengan biaya transportasi pengiriman material, ataupun biaya-biaya akibat kerusakan material.

c. Peralatan

Biaya peralatan merupakan anggaran yang dikeluarkan untuk kebutuhan operasional alat, meliputi penyewaan alat, pemeliharaan alat, biaya operator, dan mobilisasi menyangkut peralatan.

2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*)

Biaya tidak langsung dapat didefinisikan sebagai biaya yang tidak berhubungan langsung dengan pelaksanaan proyek, namun diperlukan dalam proyek. Rumus yang digunakan untuk perhitungan biaya tidak langsung yaitu:

$$\text{Biaya Tidak Langsung} = \text{Profit} + \text{Overhead} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Biaya Tidak Langsung Crashing} = \text{Profit} + (\text{Durasi Crashing} \times \text{Overhead Per Hari}) \dots\dots\dots(2.7)$$

Menurut Pasal 4 ayat (2) Peraturan Menteri PUPR No 8 Tahun 2023, biaya tidak langsung diperoleh dari 2 komponen, antara lain:

a. Keuntungan (*profit*)

Profit merupakan suatu nilai anggaran yang sudah dikurang oleh biaya modal atau dapat dikatakan keuntungan bersih. Rumus yang digunakan pada perhitungan *profit* yaitu:

$$\text{Profit} = \text{Total Biaya Proyek} \times \text{Bobot Profit} \dots\dots\dots(2.8)$$

b. Biaya umum (*overhead*)

Overhead merupakan anggaran tambahan yang tidak terkait langsung dalam pelaksanaan proyek. *Overhead* termasuk biaya tak terduga seperti penanganan, perbaikan, dan kecelakaan kerja. Rumus yang digunakan pada perhitungan *overhead* dan *overhead* per hari yaitu:

$$\text{Overhead} = \text{Total Biaya Proyek} \times \text{Bobot Overhead} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$\text{Overhead Per Hari} = \frac{\text{Biaya Overhead}}{\text{Durasi Pekerjaan}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Berdasarkan penjelasan biaya langsung dan tidak langsung, diperoleh rumus yang digunakan pada perhitungan biaya total proyek yaitu:

$$\text{Biaya Total Proyek} = \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung} \dots \dots \dots (2.11)$$

2.1.10 Percepatan Jadwal Proyek

Percepatan penjadwalan proyek dilakukan bergantung dengan keterlambatan yang terjadi pada proyek tersebut. Pada setiap proyek keterlambatan merupakan masalah yang sangat dihindari dan perlu diperhatikan, karena dengan adanya keterlambatan mempengaruhi waktu penyelesaian dan biaya yang dikeluarkan suatu proyek. Penggunaan metode percepatan durasi penyelesaian suatu proyek menyesuaikan dengan permasalahan keterlambatan yang terjadi suatu proyek. Metode percepatan yang digunakan untuk mempercepat durasi proyek dibagi menjadi 2 yaitu *crashing* dan *fast track*.

a. Metode *crashing*

Metode *crashing* merupakan metode yang digunakan dalam analisis waktu dan biaya suatu proyek pembangunan (Ryandre, 2023). *Crashing* adalah proses mengurangi durasi dan biaya yang paling ekonomis secara maksimal kegiatan yang bisa direduksi melalui perkiraan dari variabel *cost*. Percepatan durasi dengan metode *crashing* dapat dilakukan melalui berbagai cara, seperti penambahan *shift* kerja, penambahan durasi jam kerja, penambahan jumlah pekerja, peningkatan produktivitas alat, perubahan metode pekerjaan yang lebih efisien, dan lainnya (Wardana, 2023). Metode *crashing* merupakan metode yang lebih baik dipilih dibandingkan dengan metode *fast track*. Akan tetapi, metode *crashing* memiliki kelemahan utama yaitu pembengkakan biaya pengeluaran proyek. Metode *crashing* digunakan dengan menambahkan sumber daya ekstra.

Metode ini tidak berdampak pada risiko yang dihadapi. Sebelum memulai metode *crashing*, lintasan kritis merupakan sesuatu yang sudah harus dipersiapkan sebagai penentu percepatan durasi penyelesaian. Penggunaan percepatan dengan metode ini dapat mempertimbangkan hubungan pekerjaan yang akan diselesaikan dengan anggaran yang dialokasikan pekerjaan tersebut (Putra, 2024). Pada metode *crashing* memiliki 4 faktor yang dapat mengoptimalkan percepatan waktu, yaitu jam lembur, peningkatan jumlah pekerja, penggunaan alat berat, dan perubahan metode di lapangan (Girsang, 2021). Beberapa bentuk pengimplementasian metode *crashing*, antara lain:

a. Penambahan tenaga kerja

Pada suatu keterlambatan yang terjadi pada proyek, penambahan tenaga kerja merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian. Maksud dari penambahan tenaga kerja yaitu penambahan jumlah tenaga kerja pada satu item pekerjaan tanpa menambah durasi waktu pekerja. Upaya penambahan tenaga kerja dapat memaksimalkan produktivitas dalam melakukan suatu item pekerjaan. Pada alternatif penambahan tenaga kerja perlu memperhatikan pengeluaran biaya yang akan dikeluarkan, kemudahan pelaksanaan pekerjaan, ketersediaan tempat kerja, dan aspek-aspek lainnya. Penambahan tenaga kerja dilakukan dengan mempertimbangkan biaya dan waktu yang paling optimal. Umumnya penambahan tenaga kerja paling optimal melalui penambahan 50% dari jumlah tenaga kerja normal. Rumus yang digunakan pada penambahan tenaga kerja yaitu:

$$\text{Penambahan Tenaga Kerja} = (\text{Jumlah Tenaga Kerja Normal} \times \text{Penambahan Optimal}) + \text{Jumlah Tenaga Kerja Normal} \dots\dots\dots(2.12)$$

Rumus yang digunakan pada perhitungan waktu akibat penambahan jumlah tenaga kerja yaitu:

$$\text{Durasi Crashing} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Kerja} \times \text{Penambahan Tenaga Kerja}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Rumus yang digunakan pada perhitungan upah tenaga kerja dengan berlakunya penambahan tenaga kerja yaitu:

$$\text{Upah Tenaga Kerja} = \text{Jumlah Penambahan Tenaga Kerja} \times \text{Biaya Upah Pekerja} \dots\dots\dots(2.14)$$

b. Penambahan durasi kerja

Penambahan durasi kerja merupakan upaya percepatan durasi penyelesaian suatu proyek melalui penambahan jam tenaga kerja tanpa melakukan penambahan jumlah tenaga kerja. Upah tenaga kerja lembur lebih besar dibandingkan tenaga kerja normal karena risiko dan pekerjaan yang dilakukan cukup berat. Waktu lembur dihitung setelah waktu kerja normal telah selesai. Rumus yang digunakan pada perhitungan produktivitas per jam pada penambahan durasi kerja yaitu:

$$\text{Produktivitas Kerja Per Jam} = \frac{\text{Produktivitas Kerja Per Hari}}{\text{Durasi Jam Kerja Normal}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Rumus yang digunakan pada perhitungan produktivitas pada penambahan durasi kerja yaitu:

$$\text{Produktivitas Penambahan Jam Kerja} = (\text{Produktivitas Kerja Per Jam} \times \text{Produktivitas Kerja Per Jam}) + (\text{Penambahan Durasi} \times \text{Produktivitas Kerja Per Jam} \times \text{Koefisien Penurunan Produktivitas Penambahan Durasi}) \dots\dots\dots(2.16)$$

Rumus yang digunakan pada perhitungan waktu akibat penambahan durasi kerja yaitu:

$$\text{Durasi Crashing} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Kerja Lembur} \times \text{Jumlah Tenaga Kerja}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Rumus yang digunakan untuk perhitungan upah tenaga kerja dengan berlakunya penambahan durasi kerja (lembur) yaitu:

$$\text{Upah Jam Lembur Pertama} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{Upah Normal} \times \text{Hari Kerja Sebulan} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\text{Upah Jam Lembur Kedua} = 2 \times \frac{1}{173} \times \text{Upah Normal} \times \text{Hari Kerja Sebulan} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\text{Upah jam lembur} = \text{Total Upah Jam Lembur Per Hari} \times \text{Durasi} \dots\dots\dots(2.20)$$

Setelah dihitung menggunakan rumus-rumus di atas, setiap biaya *crashing* dilakukan perhitungan *cost slope* atau rasio kenaikan biaya dengan percepatan waktu melalui rumus sebagai berikut:

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \dots\dots\dots(2.21)$$

b. Metode *fast track*

Metode *fast track* dapat didefinisikan sebagai metode yang melakukan percepatan penjadwalan sehingga waktu penyelesaiannya lebih cepat dibandingkan dengan waktu normal penyelesaian suatu proyek. Suatu teknik yang digunakan pada metode *fast track* yaitu perubahan beberapa jadwal yang memungkinkan diubah dan dilakukan secara bersamaan. Metode ini dilakukan dengan penerapan terhadap lintasan kritis yang terjadi pada proyek tersebut. Kelebihan metode ini dibandingkan metode *crashing* yaitu mengeluarkan biaya yang lebih kecil. *Fast track* memiliki beberapa kelemahan, seperti metode ini lebih berisiko, dan dapat berakibatkan pengurangan pekerjaan. Selain itu, kelemahan utama metode ini adalah kualitas yang dihasilkan. Langkah-langkah yang digunakan untuk menerapkan metode ini, antara lain:

1. Penerapan dengan metode *fast track* dilakukan hanya untuk lintasan kritis dan diutamakan dengan durasi pekerjaan yang panjang.
2. Penjadwalan yang dilakukan harus realistis dapat diterapkan dengan metode ini, seperti faktor sumber daya, biaya, dan alat yang digunakan.
3. Penerapan metode *fast track* paling cepat yang dapat dilakukan yaitu tidak melebihi 2 hari.
4. Hubungan pekerjaan pada lintasan kritis yang diterapkan pada metode ini:
 - a. Apabila durasi pekerjaan A kurang dari durasi pekerjaan B, maka pekerjaan A dilakukan lebih dari 1 hari lebih dulu dibandingkan dengan pekerjaan B. Pekerjaan A harus diselesaikan lebih dulu atau bersamaan dengan pekerjaan B.
 - b. Apabila durasi pekerjaan A lebih besar dibandingkan durasi pekerjaan B, maka pekerjaan B dapat dimulai saat sisa pekerjaan A sudah lebih sedikit. Kedua pekerjaan ini dapat diselesaikan secara bersamaan.
5. pemeriksaan terhadap pekerjaan yang tidak kritis, dan tetap tidak kritis setelah metode ini diterapkan.
6. Apabila setelah penerapan metode *fast track* menghasilkan lintasan kritis baru, maka lakukan penerapan metode yang sama pada lintasan kritis tersebut.

7. Percepatan yang dilakukan dengan metode ini disarankan tidak melebihi 50 dari durasi normal. Selain ini, perhatikan biaya setelah penerapan metode *fast track* dilakukan.

Dengan adanya dua metode percepatan durasi penyelesaian proyek, setiap penelitian dapat mempertimbangkan metode yang lebih dibutuhkan pada proyek tinjauan. Selain ini, penggunaan metode yang diterapkan, diutamakan menyesuaikan alasan keterlambatan yang terjadi pada suatu proyek.

2.1.11 Microsoft Project

Microsoft project (Ms project) merupakan perangkat lunak yang digunakan pada manajemen suatu proyek. Selain itu, *Ms project* juga berfungsi untuk penyusunan dan pemantauan terhadap penjadwalan suatu proyek secara terperinci. Dalam menjalankan fungsinya, *ms project* memiliki keunggulan yaitu memberikan kemudahan dalam melakukan penginputan data. Dengan fungsi yang seperti itu, aplikasi ini dapat menjadi wadah untuk mengolah lintasan kritis suatu proyek dan dapat melakukan evaluasi terhadap status proyek.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi pada penelitian ini, antara lain:

1. penelitian ini dapat disimpulkan bahwa waktu pengerjaan proyek menggunakan metode *fast track* dapat dipercepat 21 hari dari waktu rencana, dengan penambahan biaya untuk upah pekerja sebesar Rp. 197.400.000,- atau sebesar 3,4% lebih tinggi dibandingkan biaya sebelum percepatan dilakukan dengan nilai *cost slope* sebesar Rp. 9.400.000,- (Akhirudin, 2020).
2. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukannya percepatan menggunakan *Fast Track* dapat mereduksi sebanyak 57 hari, dengan hari sebelum penelitian yaitu 359 hari menjadi 302 hari. Pengurangan waktu percepatan sebesar 15,88% tanpa menyebabkan *overallocated* sumber daya. Dengan percepatan ini mengalami penghematan biaya tidak langsung sebesar Rp. 17.345.955,- (Wiharti, 2020).
3. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa percepatan metode *fast track* dapat mereduksi penyelesaian proyek sebanyak 59 hari atau 22,7% dari durasi

keterlambatan. Pada penelitian ini tidak terjadi peningkatan biaya (Dharmayanti, 2021).

4. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa percepatan dengan metode *fast track* menghasilkan reduksi waktu selama 14 hari, dari waktu sebelum penelitian 116 hari menjadi 102 hari. Pada penelitian ini mengalami peningkatan biaya sebesar 0,18% atau Rp 10.324.470,- (Sutciana, 2020).
5. Penelitian ini menggunakan metode *crashing* dengan alternatif menambah jam kerja dengan cara lembur 2 jam per hari. Pada penelitian ini dapat disimpulkan dapat mereduksi selama 28 hari, dengan jumlah hari sebelum penelitian 150 hari menjadi 128 hari. Pada penelitian ini diperoleh biaya pelaksanaan mengalami kenaikan sebesar Rp 8.681.402,40 (Puniadi, 2023).
6. Penelitian ini disimpulkan dapat mereduksi selama 655 hari, dengan waktu durasi normal 3276 hari menjadi 2621 hari dengan penambahan tenaga kerja sebanyak 368 orang. Berdasarkan perhitungan *crashing* diperoleh biaya total setelah *crashing* yaitu Rp 8.983.027.796,81 dari biaya normal sebesar Rp 8.800.156.476,89, sehingga peningkatan biaya akibat *crashing* sebesar Rp 183.031.862,95 (Virgarif, 2022).
7. Penelitian ini diperoleh hasil durasi setelah penambahan durasi jam kerja selama 4 jam dapat dipercepat selama 12 hari dengan durasi normal 132 hari dengan peningkatan biaya sebesar Rp 85.945.888,76 dari biaya normal sebesar Rp 2.228.032.229,11. Sedangkan penambahan durasi kerja selama 3 jam memperoleh percepatan selama 10 dari dengan durasi normal selama 132 hari dengan peningkatan biaya sebesar Rp 59.126.973,57 dari biaya normal (Nigraha, 2023).
8. Penelitian ini diperoleh hasil setelah dilakukan *crashing* melalui penambahan tenaga kerja yaitu memperoleh biaya 0,759% lebih murah dari biaya normal, dan diperoleh durasi 9,31% lebih cepat dibandingkan durasi normal. Sedangkan diperoleh hasil setelah penelitian menggunakan alternatif *shift 1*, *shift 2*, *shift 3*, dan *shift 4* yaitu memperoleh biaya 0,905% dari biaya normal, dan diperoleh durasi 12,6% lebih cepat dari durasi normal (Sari, 2022).
9. Hasil penelitian menggunakan metode *fast track* diperoleh efektivitas durasi sebesar 5,9% dari durasi awal kontrak, dan diperoleh efisiensi biaya sebesar

0,3% dari biaya proyek. Sedangkan hasil penelitian menggunakan metode *crashing* dengan alternatif penambahan jam lebur selama 2 jam diperoleh efektivitas durasi sebesar 2,9% dari durasi awal kontrak, dan efisiensi biaya sebesar 0,51% dari biaya proyek (Muhammad, 2024).

10. Penelitian ini memperoleh hasil optimasi percepatan proyek menggunakan *crashing* mendapatkan efisiensi biaya sebesar 0,19% dari biaya kontrak, dan efektivitas durasi sebesar 4,1%. sedangkan optimasi menggunakan metode *fast track* didapatkan efisiensi biaya sebesar 0,24% dari biaya kontrak, dan efektivitas durasi sebesar 4,1% (Pratama, 2024).

