

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan literatur ini berisi studi sebelumnya tentang topik ini yang membantu memecahkan pertanyaan penelitian yang sulit dan menilai hasil studi serupa seperti:

1. Angeline dan Ariyanti (2018) “Studi Komparatif Durasi Proyek Menggunakan Metodologi CPM dan PERT” menemukan bahwa perencanaan dan manajemen proyek memainkan peran penting dalam kelancaran dan keberhasilan implementasi suatu proyek. Kegagalan proyek dapat disebabkan oleh perencanaan yang buruk atau kontrol yang tidak efektif, yang dapat menyebabkan keterlambatan. Eksekusi proyek membutuhkan perencanaan proyek yang optimal menggunakan metodologi CPM dan PERT. Perbandingan kedua metode menunjukkan waktu penyelesaian proyek yang lebih cepat dengan metode CPM dibandingkan dengan metode PERT. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek adalah 101 hari dengan menggunakan metode CPM dan 102 hari dengan menggunakan metode PERT. Menggunakan metodologi CPM dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek sebesar 34% dari jadwal proyek yang ada.
2. Muhammad (2019) dengan judul pengendalian waktu proyek antara jadwal pelaksanaan aktual dan jadwal dengan menggunakan *Network Planing*, menyatakan bahwa dalam proses pelaksanaan suatu proyek perlu dilakukan pemantauan atau pengendalian oleh sektor untuk memastikan bahwa proyek tersebut sesuai dengan standar. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi pelaksanaan proyek adalah waktu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi keterlambatan proyek dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Selain itu, rencana implementasi kontraktor dibandingkan dengan jadwal menggunakan *Network Planing*. Ini menghasilkan durasi proyek 153 hari menggunakan perencanaan jaringan menggunakan metodologi CPM. Hasil ini lebih awal dari 180 hari kontrak kerja (grafik batang). Hasil ini lebih cepat dari durasi proyek 27 hari.

3. Dyna Analyza (2019) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Keterlambatan Proyek Pembangunan Graha Mojokerto *Service City* (GMSC)” dengan metodologi *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menjelaskan penyebab keterlambatan proyek. tujuan dari Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa durasi proyek yang direncanakan adalah 130 hari, tetapi dalam praktiknya tidak mungkin untuk mencapainya. Akan ada keterlambatan dalam pekerjaan kelistrikan, pekerjaan elektronik dan unit pendukung. Keterlambatan ini disebabkan karena *Regulatory Advisor* tidak berfungsi dengan baik dan banyaknya penambahan.
4. Gusni Vitri, Wendi Boy, Wiwin Putri Zayu (2020) dengan judul penelitian analisis faktor keterlambatan pelaksanaan proyek rehabilitasi sekolah dalam masa pandemi COVID-19, Kondisi pandemi Covid-19 yang terjadi di Indonesia dan seluruh dunia menjadi salah satu faktor yang menghambat penyelesaian proyek. Proyek Rehabilitasi Sekolah Dasar di Kabupaten Pasaman Barat tersebar di 15 (lima belas) lokasi di semua kecamatan. penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab keterlambatan proyek yang paling dominan adalah kejadian yang tidak terduga (*force majeure*), Kebijakan pemerintah, Desain, Keterlambatan juga dipengaruhi faktor lain, yaitu cuaca, karakteristik tempat dan material.
5. Farid Yudha Umbara, Moh Abduh (2020), penelitian berjudul Menganalisis Keterlambatan Proyek Pasar Besar Ngawi Menggunakan CPM (*Critical Path Method*). Analisis biaya mengoptimalkan durasi proyek sehingga dapat melihat berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Peneliti juga menjajaki kemungkinan implementasi proyek hemat waktu menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) melalui *Microsoft Project*. Dari hasil analisis, dengan menambahkan 40% tenaga kerja, masa percepatan proyek adalah 264 hari, selisih 24 hari, biaya tenaga kerja awal proyek konstruksi adalah Rp. 1.701.641.713,38 dan total biaya setelah selesai adalah Rp Rp.2.272.011.908,58, dengan tambahan biaya akibat *crashing* sebesar Rp.570.370.195,20.

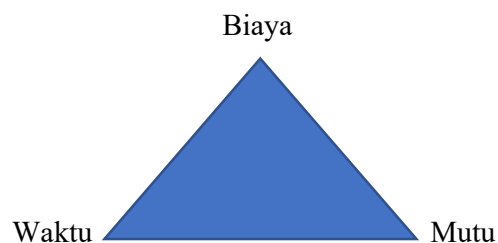
2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Manajemen Konstruksi

Manajemen konstruksi adalah suatu ilmu yang mempelajari dan mempraktikkan aspek-aspek terkait manajerial dan teknologi industri konstruksi. banyak pakar yang menyatakan bahwa manajemen konstruksi termasuk modal bisnis dari seorang konsultan konstruksi untuk memberi pengarahannya pada sebuah proyek pembangunan (Samhis setiawan 2021).

Manajemen konstruksi adalah manajemen yang efektif dan efisien dari sumber daya terkait konstruksi (orang, bahan, mesin, dana, metode) untuk mencapai tujuan proyek berdasarkan peraturan dan undang-undang terkait konstruksi. Manajemen konstruksi telah muncul sebagai cabang khusus dari manajemen yang dikembangkan dengan tujuan memungkinkan koordinasi dan kontrol dari berbagai aktivitas implementasi proyek yang kompleks. Oleh karena itu, teknis/manajemen untuk memenuhi kebutuhan sumber daya konstruksi senantiasa ditinjau dan disesuaikan setiap saat selama penyelesaian pekerjaan yang sedang berlangsung. (Kerzner, 2006).

Karena keterbatasan proyek dalam mencapai tujuan akhir dari suatu proyek konstruksi, manajemen konstruksi memerlukan manajemen yang tepat dan terarah. Kontrol yang diperlukan mencakup tiga kendala yaitu biaya (*cost*), mutu (*scope*) dan waktu (*schedule*). (Construction Project Management Handbook, September 2009).



Gambar 2.1 Hubungan *Triple Constrain* Biaya Waktu Mutu

Pada gambar 2.1 digambarkan biaya (*cost*), mutu (*scope*) dan waktu (*schedule*) sebagai sisi-sisi dari segitiga sama sisi yang saling terkait. Perubahan pada satu sisi akan berdampak pada sisi lainnya. Oleh karena itu dibutuhkan pengelolaan dari ketiga hal tersebut. Selain pengelolaan biaya, mutu dan waktu, dibutuhkan pula pengelolaan berupa manajemen sumberdaya, lingkungan, resiko

dan sistem informasi. Kegiatan pengelolaan tersebut diwujudkan melalui kegiatan antara lain sebagai berikut:

1. Perencanaan (*Planning*)

Sebuah proyek membutuhkan perencanaan yang matang untuk mencapai tujuannya. Dengan kata lain, perlu menetapkan tujuan dan sasaran dasar proyek dan menyiapkan semua program teknis dan manajerial untuk dapat melaksanakannya. Hasil perencanaan yang menjadi pedoman pelaksanaan dan pengelolaan perlu lebih disempurnakan untuk mengakomodasi perubahan dan perkembangan yang terjadi pada langkah selanjutnya.

2. Pengorganisasian (*Organizing*)

Dalam kegiatan ini, jenis pekerjaan diidentifikasi dan dikelompokkan, pendelegasian wewenang dan tanggung jawab individu ditetapkan, dan hubungan antar elemen organisasi ditetapkan

3. Pelaksanaan (*Actuating*)

Suatu bentuk tindakan untuk mengkoordinasikan semua anggota organisasi dalam melaksanakan kegiatan dan memungkinkan semua anggota organisasi bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama. Proses pemantauan dan pemutakhiran terus dilakukan untuk mendapatkan rencana implementasi yang realistis dan sesuai dengan tujuan proyek. Penyimpangan dari rencana awal dievaluasi dan tindakan korektif diambil untuk mempertahankan proyek pada lintasan yang diinginkan. Kontrol memengaruhi hasil akhir proyek. Tujuan utama dari kegiatan pengendalian adalah untuk meminimalkan penyimpangan yang mungkin terjadi selama proyek berlangsung. Kegiatan yang dilakukan dalam proses pengelolaan berupa pemantauan, pemeriksaan dan koreksi yang dilakukan selama proses pelaksanaan.

2.2.2 Tujuan Manajemen Konstruksi

Mengatur pelaksanaan proyek konstruksi agar tercapai hasil yang optimal sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan oleh pemilik proyek. Karena persyaratan yang dibuat biasanya terkait dengan waktu pelaksanaan, biaya konstruksi dan kualitas bangunan yang dibangun, waktu konstruksi, biaya dan kualitas harus terus dipantau dari tahap perencanaan hingga tahap pelaksanaan. (Soeharto,1997).

Pembiayaan dalam bentuk pendanaan langsung untuk proyek-proyek pemerintah atau dalam bentuk stagnasi atau hilangnya investasi pada proyek-proyek swasta (Haekal Hasan, 2016).

2.2.3 Keterlambatan Proyek Kontruksi

Menurut Assaf (1995), perkembangan sektor konstruksi di negara-negara berkembang seperti Arab Saudi sangat pesat, yang tercermin dari munculnya banyak proyek besar dan kecil. Dengan prospek kemajuan pembangunan infrastruktur menjadi lebih umum, kontraktor memiliki lebih banyak kesempatan untuk menyediakan jasa konstruksi. Kontraktor ini memiliki banyak peluang untuk mendapatkan keuntungan, tetapi mereka juga sering mengalami kerugian. Salah satunya karena keterlambatan pekerjaan. O'brien (1976) menyatakan bahwa keterlambatan proyek ini mengakibatkan kerugian bagi kontraktor, konsultan dan pemilik, antara lain:

1. Bagi Kontraktor

Keterlambatan penyelesaian proyek tidak hanya mengakibatkan waktu pelaksanaan yang lebih lama dan biaya *overhead* yang lebih tinggi, tetapi juga kerugian karena kemungkinan kenaikan harga akibat inflasi dan kenaikan biaya tenaga kerja. Ini juga mengamankan modal kontraktor yang akan digunakan untuk proyek lain.

2. Bagi Konsultan

Konsultan kehilangan waktu karena penundaan, mencegah mereka mengerjakan proyek lain.

3. Bagi Pemilik

Keterlambatan proyek berarti hilangnya pendapatan bagi pemilik dari bangunan yang seharusnya digunakan atau dapat disewa. Tentunya jika pemerintah yang membangun fasilitas umum seperti rumah sakit, maka keterlambatan tersebut akan mempengaruhi pelayanan kesehatan masyarakat dan program pelayanan yang sedang disusun. Kerugian ini tidak dapat diukur dengan uang dan tidak dapat dikembalikan. Di sisi lain, untuk bangunan non-pemerintah seperti gedung perkantoran, pertokoan, dan kondominium, penggunaan gedung tersebut tentu saja akan tertunda, sehingga Anda memiliki waktu luang tanpa menerima uang.

2.2.4 Penyebab Keterlambatan

Menurut Kaming, *et al* (2000), penyebab keterlambatan waktu implementasi dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama:

1. Keterlambatan yang memerlukan ganti rugi (*comeable delay*), terutama keterlambatan yang disebabkan oleh kelalaian atau kesalahan pemilik proyek.
2. Keterlambatan yang tidak dapat diterima (*non exasable delay*), terutama keterlambatan yang disebabkan oleh perbuatan, kelalaian, atau kesalahan pemilik proyek
3. Keterlambatan yang dapat diterima (*excusable delay*), keterlambatan yang disebabkan oleh kejadian di luar kendali pemilik atau kontraktor.

Menurut Kaming, *et al* (2000) faktor yang mempengaruhi keterlambatan konstruksi di Indonesia adalah pendanaan, pekerjaan desain, material, peralatan dan modifikasi. Selain itu, disebutkan bahwa penyebab utama keterlambatan pembangunan proyek berbeda antara satu negara dengan negara lain, misalnya arus kas di Indonesia, manajemen kontrak dan biaya material di Nigeria, dan faktor keterlambatan di Bangkok. Pengadaan bahan. Itu karena setiap negara memiliki budaya dan budaya yang berbeda.

Sedangkan menurut Antil (1989), keterlambatan proyek disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut dapat berasal dari kontraktor, pemilik, atau pihak selain salah satu pihak, meliputi:

1. Keterlambatan karena kesalahan kontraktor, antara lain:
 - a. Terlambatnya dalam pelaksanaan proyek
 - b. Tidak berpengalaman
 - c. Keterlambatan mengirim peralatan
 - d. Pengawas dari pelaksana aktivitas rendah
 - e. Rencana kerja yang salah
2. Keterlambatan karena kesalahan pemilik, antara lain:
 - a. Keterlambatan pembayaran angsuran kepada pelanggan.
 - b. Keterlambatan penyediaan lahan
 - c. Membuat perubahan pekerjaan yang besar
 - d. Pemilik menyewa kontraktor lain untuk melakukan pekerjaan itu

3. Sedangkan kesalahan yang diakibatkan selain oleh kedua belah pihak di atas, antara lain:
 - a. Kebakaran yang bukan kesalahan kontraktor, konsultan dan owner
 - b. Adanya perang, gempa ataupun banjir
 - c. Perubahan moneter

Selain itu, Assaf (1995) secara terpeci menyebutkan faktor-faktor penyebab keterlambatan yang sering terjadi dalam industri konstruksi adalah bahan (*material*), pekerja (*man power*), peralatan (*equipment*), keuangan (*financing*), situasi (*environment*), perubahan (*changes*), hubungan pemerintah (*government relations*), kontrak (*contractual relationship*) serta waktu dan kontrol (*scheduling and controlling teccniques*).

2.2.5 Dampak Keterlambatan Proyek

Keterlambatan penyelesaian proyek dapat memiliki konsekuensi keuangan. Keterlambatan proyek konstruksi meningkatkan biaya. Dampak keterlambatan bagi pemilik adalah potensi hilangnya pendapatan dari fasilitas yang akan dibangun. Di sisi lain, kontraktor kehilangan kemampuan untuk mencurahkan sumber daya untuk proyek lain, membelanjakan lebih banyak untuk gaji karyawan dan sewa peralatan, dan mengurangi keuntungan, dan meningkatkan biaya *overhead* (Levis dan Atherley, 1996).

Keterlambatan proyek pasti mengakibatkan kerugian besar bagi pemilik proyek dan penyedia layanan. Oleh karena itu, Obrien (1996) menyimpulkan bahwa kerugian akibat keterlambatan adalah:

1. Bagi pemilik
Keterlambatan menyebabkan hilangnya pendapatan dari bangunan yang seharusnya digunakan
2. Bagi kontraktor
Keterlambatan berarti kenaikan harga material karena biaya tenaga kerja dan peningkatan *overhead*, dan terhalang proyek lain.
3. Bagi konsultan
Kerugian waktu dan mengganggu kegiatan proyek lainnya.

2.2.6 Cara Mengatasi Keterlambatan Proyek

Menurut Dipohusodo (1996), selama proses konstruksi selalu ada tanda-tanda

kekurangan bahan olahan secara periodik baik berupa bahan baku maupun produk jadi, baik di dalam negeri maupun impor. Bagaimana hal ini ditangani sangat bergantung pada konteks proyek, dan dapat berkisar dari penanganan langsung oleh personel yang berdedikasi dalam organisasi hingga kemampuan klien, kontraktor, dan subkontraktor untuk memastikan penawaran yang berhasil untuk materi proyek, ada banyak cara untuk membagi tanggung jawab di antara mereka. Membuat subkontraktor, pemasok atau agen, importir, produsen atau industri, semuanya dengan mengacu pada dokumen perencanaan dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Berikut cara mengontrol penundaan:

1. Memobilisasi sumber daya tambahan
2. Singkirkan hambatan atau upaya lain untuk memastikan lebih banyak pekerjaan dan kembali ke jalur semula
3. Jika tidak memungkinkan untuk mengikuti garis rencana semula, mungkin perlu merevisi jadwal. Ini akan digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kemajuan pekerjaan di kemudian hari.

Menurut Ahyari (1987), pemasok cadangan diperlukan untuk mengatasi keterlambatan material yang disebabkan oleh masalah pemasok. Saat mengedit daftar prioritas pemasok, tidak cukup hanya mengeditnya dan menggunakannya nanti. Daftar ini mengharuskan pemasok untuk dievaluasi pada periode waktu tertentu dan biasanya didasarkan pada hubungan masa lalu. Untuk mengetahui kualitas suatu pemasok dapat diketahui dari karakteristik sampel pabean, sampel pengiriman dan penggantian barang rusak.

Di sisi lain, menurut Donal S. Baffie (1990), masalah dapat terjadi bahkan ketika praktik terbaik diterapkan. Kadang-kadang, ada perubahan rencana oleh kontraktor sendiri yang mengharuskan pengiriman barang-barang penting lebih cepat dari tanggal yang disepakati sebelumnya. Penundaan tambahan dapat terjadi di area seperti pemasok, kontraktor, dan proses pengiriman. Tugas pengusaha jasa pengiriman barang yang berpengalaman dan profesional adalah mencari cara yang paling efektif agar pengadaan barang tetap tepat waktu sekaligus meminimalisir dampak kerugian. Jika bahan menjadi tidak tersedia atau sangat mahal, profesional pengadaan perlu mengetahui di mana bahan alternatif dapat diperoleh yang memenuhi atau melebihi persyaratan awal.

2.2.7 CPM (*Critical Path Method*)

Critical Path Method adalah teknik untuk menganalisis jaringan kegiatan dalam pelaksanaan proyek dan memprediksi durasi keseluruhan. CPM terdiri dari urutan kegiatan yang diperintahkan untuk menentukan waktu terpendek untuk menyelesaikan suatu proyek. Saat bekerja dengan CPM, ada beberapa cara untuk mempertimbangkan jalur kritis sebagai berikut:

1. Penundaan pada jalur kritis menyebabkan penyelesaian seluruh aktivitas proyek.
2. Percepatan kegiatan pada jalur kritis dapat mempercepat penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Percepatan aktivitas pada jalur kritis dapat mempercepat penyelesaian proyek secara keseluruhan. Metode ini memungkinkan mengidentifikasi jalur kritis dalam serangkaian aktivitas dengan mengidentifikasi ketergantungan antar aktivitas. Aktivitas adalah tugas spesifik dengan hasil terukur dan waktu eksekusi spesifik (*Oliver de Weck, 2012* dikutip dari *Dwiretnani & Kurnia, 2014*).

Menurut *Srivastava (1995:663)* (dikutip oleh *Sugiyarto et al., 2013*), CPM adalah metode berorientasi waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan perkiraan waktu yang deterministik (*eksplisit*). Setiap aktivitas dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu normal dengan membayar sejumlah tertentu untuk menghindari aktivitas tersebut. Oleh karena itu, jika waktu penyelesaian proyek tidak memuaskan, Anda dapat melewati aktivitas tertentu dan menyelesaikan proyek dalam waktu yang lebih singkat.

Mekanisme CPM (*Critical Path Method*) digambarkan dengan menggunakan diagram panah untuk menentukan jalur kritis, sehingga disebut juga *Critical Path Method*. Metode ini sangat cocok untuk perencanaan dan pemantauan proyek dan paling populer di antara semua sistem lain yang menggunakan prinsip jaringan. CPM juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan keseluruhan biaya proyek dengan mengurangi atau mempercepat waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (*Setiawati et al., 2017*). Komponen metode CPM adalah:

1. *Diagram Network*.
2. Hubungan antar simbol dan urutan kegiatan.
3. Jalur kritis.

4. Tenggang waktu kegiatan
5. Limit jadwal kegiatan.

Mengetahui jalur kritis memiliki keuntungan sebagai berikut:

1. Keterlambatan pekerjaan pada jalur kritis menunda penyelesaian proyek secara keseluruhan.
2. Jika kami dapat mempercepat pekerjaan yang ada di jalur kritis, kami dapat menyelesaikan proyek lebih cepat.
3. Karena hanya jalur kritis yang tunduk pada peningkatan pengawasan atau kontrol, pekerjaan pada jalur kritis harus diawasi secara ketat untuk menghindari penundaan dan menghindari kompromi (menukar waktu dengan biaya yang efisien) atau merusak program (selesai pada waktu optimal dan dipercepat dengan kenaikan biaya) atau hemat waktu dengan bonus dan lembur.

Secara teoritis dihitung dengan metode *Critical Path Method* (CPM) berdasarkan data pengembangan. Lima langkah metode CPM (Elfitra & Galih, 2013), yaitu:

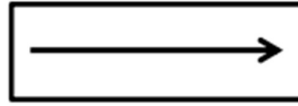
1. Identifikasi proyek dan aktivitas atau tugas utama.
2. Membuat hubungan antar kegiatan. Putuskan aktivitas mana yang harus dijalankan sebelum yang lain dan mana yang harus dijalankan sesudahnya.
3. Buat jaringan yang menghubungkan semua aktivitas.
4. Hitung jalur kritis terpanjang melalui jaringan.
5. Rencanakan, jadwalkan, dan kelola proyek dengan jaringan.

Dalam aktivitas besar apa pun, seperti menyelesaikan proyek yang berisi aktivitas terpisah tetapi terkait, akan selalu ada serangkaian aktivitas yang dianggap "penting" untuk penyelesaian proyek. Kami tidak ingin ada keterlambatan dalam menyelesaikan proyek. Kegiatan kritis umumnya terdapat pada jalur atau lintasan suatu proyek dari awal sampai akhir. Kemampuan untuk menentukan keberadaan jalur kritis jaringan menggunakan metodologi jalur kritis. Jumlah simbol yang digunakan dalam jaringan minimal 2 dan maksimal 3. Berbagai simbol tersebut adalah:

1. Anak panah

Panah ini mewakili kegiatan proyek. Akhir panah didefinisikan sebagai awal aktivitas dan ujung panah didefinisikan sebagai akhir aktivitas. Durasi

kegiatan adalah waktu dari dimulainya suatu kegiatan sampai berakhirnya kegiatan tersebut. Durasi aktivitas dikodekan menggunakan huruf besar A, B, C, dan seterusnya. Gambar panah berikutnya ditunjukkan di bawah ini.

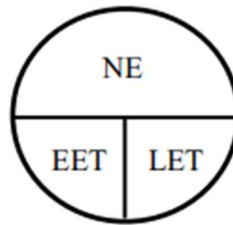


Gambar 2.2 Anak panah

Sumber: (Iswendra & Noviarti, 2018).

2. Lingkaran

Lingkaran yang menggambarkan suatu peristiwa selalu direpresentasikan sebagai lingkaran yang dibagi menjadi tiga bagian spasial. Ruang di atas adalah untuk nomor atau huruf yang menunjukkan peristiwa tersebut. Panjang hari yang mewakili titik waktu paling awal untuk acara terkait ditampilkan di ruang kiri bawah. Angka-angka di ruang kanan bawah menunjukkan kapan acara terkait akan terjadi paling lambat. Perbedaan antara dua kali adalah nilai *Slack* positif. Ada kemungkinan tenggang waktu menjadi nol, dalam hal ini peristiwa yang dimaksud menjadi peristiwa kritis. Nilai negatif menunjukkan bahwa kejadian tersebut merupakan kejadian superkritis dan proyek tidak akan selesai tepat waktu. Di bawah ini adalah gambar lingkaran dengan contoh rencana kerja.



Gambar 2.3 Lingkaran

Sumber: (Iswendra & Noviarti, 2018).

Keterangan:

NE = *Number of event*

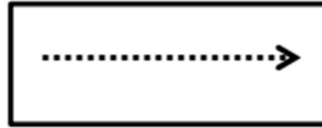
EET = *Earlist Event Time* (waktu paling awal)

LET = *Latest Event Time* (waktu paling akhir)

3. Anak panah terputus-putus (Dummy)

Panah putus-putus mewakili hubungan antara peristiwa dengan cara yang

sama seperti panah mewakili aktivitas. Hubungan (*dummy*) antar aktivitas tidak memerlukan waktu, sumber daya atau ruang. Oleh karena itu, tidak perlu mempertimbangkan hubungan antar peristiwa. Dummy ini mengekspresikan logika ketergantungan yang harus diperhatikan.



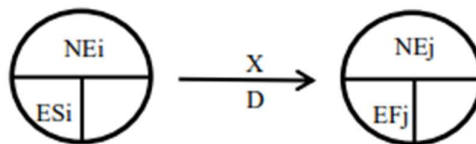
Gambar 2.4 Anak panah terputus-putus

Sumber: (Rachman & Iswendra, 2018).

2.2.8 Hubungan Antar Simbol Kegiatan

Diketahui bahwa terdapat beberapa parameter dalam proses perhitungan dengan menggunakan metode CPM, seperti:

1. EET (*Earlist Event Time*), waktu paling awal suatu *event/node/event* dapat terjadi. Menurut aturan dasar, suatu kegiatan baru dapat dimulai jika kegiatan sebelumnya telah selesai, sehingga waktu tercepat suatu kegiatan yang berasal dari simpul ini dapat dimulai (Sugiyarto *et al.*, 2013) adalah sebagai berikut:
 - a. *Early Start*, di mana peristiwa tercepat dapat terjadi
 - b. *Early Finish*, adalah waktu paling awal terjadinya peristiwa terakhir, yang menunjukkan waktu selesai paling awal dari kegiatan tersebut. Jika hanya ada satu aktivitas sebelumnya, akhir awal dari aktivitas sebelumnya menjadi awal dimulainya aktivitas berikutnya. Berikut adalah gambar kegiatan untuk acara tersebut.



Gambar 2.5 Sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa

Sumber: (Sugiyarto *et al.*, 2013)

Untuk bisa mengetahui sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa dapat ditentukan dengan Pers. 2.1 dibawah ini:

$$EF = ES_i + D \quad (2.1)$$

Keterangan:

X = kegiatan

NE_i = Nomor dari peristiwa awal kegiatan

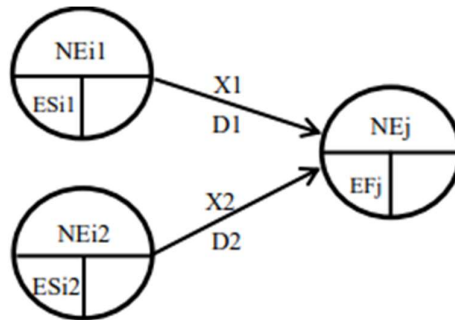
NE_j = Nomor dari peristiwa akhir kegiatan

D = Lama kegiatan X yang diperkirakan

ES_i = Saat paling awal peristiwa awal

EF_j = Saat paling awal peristiwa akhir

Beberapa kegiatan menjelang acara dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.6 Beberapa kegiatan menuju sebuah peristiwa

Sumber: (Sugiyarto et al., 2013).

Untuk dapat melihat beberapa aktivitas menjelang peristiwa dapat ditentukan dengan Pers. 2.2 dibawah ini:

$$EF_j = (ES_i + D) \quad (2.2)$$

Keterangan:

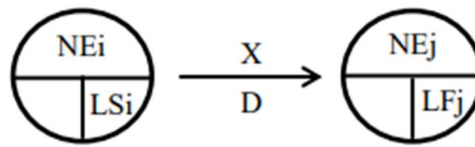
X = nama kegiatan

ES_i = saat paling awal peristiwa awal dari kegiatan

D = lama kegiatan yang diperkirakan

EF_j = saat paling awal peristiwa akhir seluruh kegiatan

2. LET (*Latest Event Time*), selambat-lambatnya peristiwa itu dapat terjadi artinya waktu paling lambat yang masih diperbolehkan adalah:
 - a. *Latest Start*, waktu terakhir peristiwa pertama terjadi atau waktu terakhir aktivitas dimulai. Waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat keseluruhan proyek.
 - b. *Latest Finish*, berarti kegiatan dapat diselesaikan paling lambat tanpa menunda penyelesaian proyek jika kejadian paling lambat dapat terjadi.
 Berikut gambar aktivitas yang keluar dari acara:



Gambar 2.7 Sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa

Sumber: (Sugiyarto *et al.*, 2013).

Untuk bisa mengetahui sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat ditentukan dengan Pers. 2.3 dibawah ini:

$$LS_i = LF_j - D \quad (2.3)$$

Keterangan:

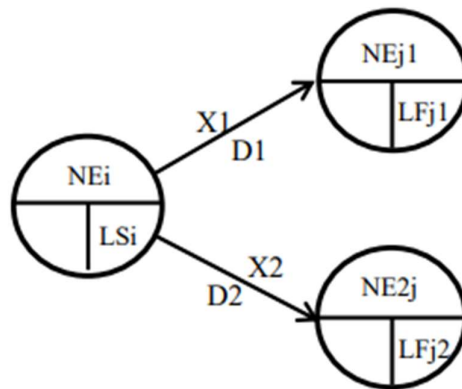
X = kegiatan

D = lama kegiatan X yang diperkirakan

LS_i = saat paling lambat peristiwa awal

LF_j = saat paling lambat peristiwa akhir

Sedangkan untuk beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.8 Beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa

Sumber: (Sugiyarto *et al.*, 2013).

Untuk bisa mengetahui beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat ditentukan dengan Pers. 2.4 dibawah ini:

$$LS_i = (LF_j - D) \text{ minimum} \quad (2.4)$$

Keterangan:

X = nama kegiatan

LF_j = saat paling lambat peristiwa akhir kegiatan X

- D = lama kegiatan X yang diperkirakan
 LSi = saat paling lambat peristiwa awal kegiatan

2.2.9 Metode Penyusunan Jaringan Kerja

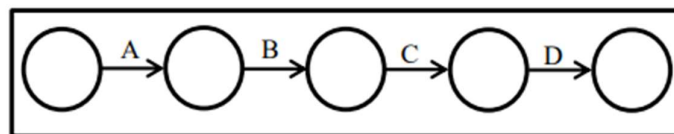
Elemen yang diperlukan untuk membuat jaringan proyek adalah tipe aktivitas, logika dependensi, estimasi waktu, dan tipe implementasi. Mengetahui hal di atas, tidak mungkin untuk menghitung setiap kegiatan yaitu waktu mulai tercepat, waktu selesai paling lambat, waktu selesai total dan batas waktu luang (Iswendra & Noviarti, 2018). Berikut adalah langkah-langkah untuk mengkompilasi jaringan:

1. Inventarisasi kegiatan

Proses inventarisasi kegiatan dilakukan dengan membagi proyek menjadi beberapa bagian utama proyek. Selanjutnya komponen utama ini dibagi menjadi beberapa komponen dan langkah terakhir adalah membuat work package. Proses ini biasa disebut dengan *Work Breakdown Structure* (WBS).

2. Logika ketergantungan kegiatan

Sekarang kita mengetahui semua jenis aktivitas, kita dapat membangun jaringan berdasarkan logika ketergantungan ini dan menghasilkan berbagai bentuk jaringan. Di bawah ini adalah contoh jaringan kerja yang paling sederhana. Logika ketergantungan gaya jaringan ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.9 Jaringan kerja

Sumber: (Iswendra & Noviarti, 2018).

Gambar tersebut menunjukkan bahwa setiap aktivitas tidak dapat dijalankan jika pendahulunya belum selesai.

2.2.10 Perkiraan Waktu

Perkiraan waktu adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap kegiatan. Secara umum, semakin lama waktu pelaksanaan maka semakin tinggi biaya pelaksanaannya, begitu pula sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh biaya

overhead yang besarnya bervariasi dengan waktu pelaksanaan. (Iswendra & Noviarti, 2018).

2.2.11 Perhitungan Maju

Hitungan maju adalah metode atau simbol yang digunakan untuk menghitung waktu awal dimulainya proyek paling awal hingga proyek paling awal selesai, yaitu ESi, Esj, D (Sukiyarto *et al.*, 2013). Aturan yang digunakan dalam perhitungan maju adalah:

1. Kecuali aktivitas awal, aktivitas baru dapat dimulai setelah aktivitas sebelumnya (aktivitas pendahulu) dijalankan.
2. Jika suatu aktivitas berisi dua aktivitas atau lebih dengan jalur, Efj (Aktivitas tercepat selesai) adalah ESi (Aktivitas tercepat dimulai) terbesar di antara aktivitas sebelumnya.

2.2.12 Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur adalah cara untuk mengetahui waktu paling akhir antara dimulainya suatu kegiatan dengan berakhirnya durasi yang paling lama (Sukiyarto *et al.*, 2013). Hitungan mundur dimulai dari paling kanan (aktivitas akhir proyek). Berikut adalah aturan untuk hitungan mundur:

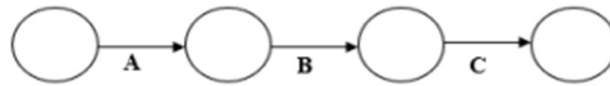
1. Jika hanya satu kegiatan yang dihasilkan dari acara tersebut, maka waktu terakhir dikurangi dengan durasi kegiatan tersebut.
2. Jika suatu kegiatan memiliki dua atau lebih peserta, Lsi kegiatan (lama kegiatan telah berjalan) akan menjadi LFj minimum kegiatan sebelumnya (lama kegiatan telah selesai).

2.2.13 Jalur Kritis

Menurut Render dan Jay (2006), jalur kritis adalah rangkaian kegiatan yang saling terkait dalam suatu proyek yang tidak dapat ditunda selama implementasi. Semakin banyak jalur kritis dalam proyek Anda, semakin banyak aktivitas yang perlu Anda pantau. Akumulasi waktu terlama pada jalur kritis digunakan sebagai estimasi total waktu penyelesaian proyek. Jalur kritis ditentukan dari diagram jaringan yang menunjukkan hubungan dan urutan kegiatan dalam suatu proyek. Logika ketergantungan untuk aktivitas ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Jika aktivitas A harus selesai sebelum aktivitas B dimulai, dan aktivitas C dapat dimulai setelah aktivitas B selesai, maka hubungan antara aktivitas tersebut

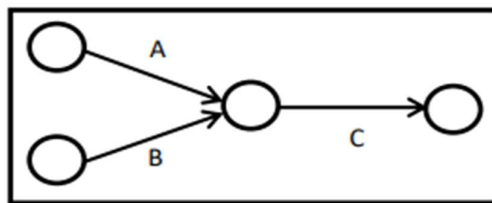
ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Kegiatan A pendahulu kegiatan B & kegiatan B pendahulu kegiatan C

Sumber: (Render & Jay, 2006)

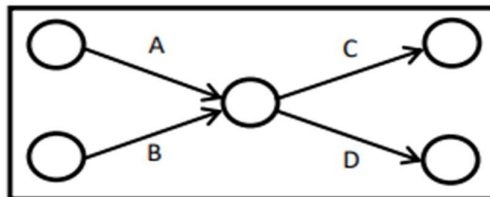
2. Kegiatan A dan B harus diselesaikan sebelum kegiatan C dapat dimulai. Hubungan antar kegiatan dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C

Sumber: (Render & Jay, 2006)

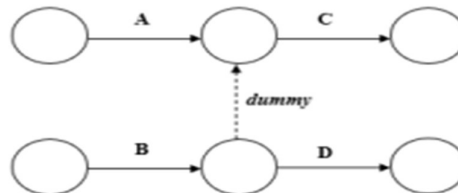
3. Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D, maka hubungan antara kegiatan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D

Sumber: (Render & Jay, 2006)

4. Jika aktivitas A dan B harus selesai sebelum aktivitas C dimulai, tetapi D dapat dimulai saat aktivitas B selesai, hubungan antara aktivitas tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.13.

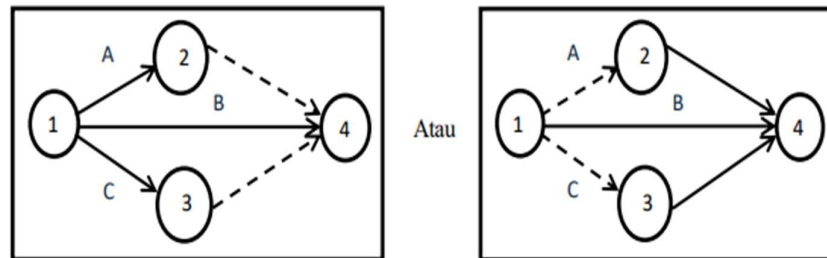


Gambar 2.13 Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D

Sumber: (Render & Jay, 2006)

Fungsi *dummy* di atas adalah untuk segera menggeser informasi selesainya kegiatan B (sesuai arah panah).

5. Jika aktivitas A, B, dan C dimulai dan diakhiri pada lingkaran kejadian yang sama, hubungan antara aktivitas tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama

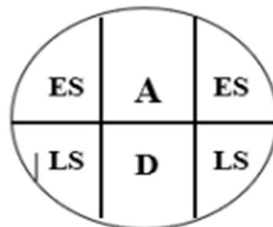
Sumber: (Render & Jay, 2006)

2.2.14 Jadwal Aktivitas

Untuk menemukan jalur kritis, kami menghitung dua waktu mulai dan berakhir untuk setiap aktivitas sebagai berikut:

1. *Earliest Start* (ES) waktu paling awal suatu kegiatan dapat dimulai jika semua pekerjaan pendahulu telah diselesaikan.
2. *Earliest Finish* (EF), Titik paling awal di mana suatu kegiatan dapat diselesaikan.
3. *Latest Start* (LS), waktu paling akhir suatu kegiatan dapat dimulai tanpa menunda waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.
4. *Latest Finish* (LF), yaitu waktu paling akhir suatu kegiatan dapat diselesaikan agar tidak menunda waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Dalam suatu proyek, jadwal aktivitas dapat dilihat pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Gambaran aktivitas proyek

Sumber: (Render & Jay, 2006)

Keterangan:

A = Nama aktivitas

D = Durasi waktu suatu aktivitas

ES = *Earliest start*

LS = *Latest start*

EF = *Earliest finish*

LF = *Latest Finish*

Setiap kegiatan harus memiliki kelonggaran, karena mungkin ada hambatan untuk kegiatan ketika melaksanakan suatu proyek. *Slack time* adalah waktu luang yang diberikan untuk setiap aktivitas yang dapat dijadwalkan ulang tanpa menunda keseluruhan proyek. Waktu jeda dapat dirumuskan sebagai:

$$Slack = LS - ES \quad \text{atau} \quad Slack = LF - EF \quad (2.5)$$

Keterangan:

Slack = Waktu bebas

LS = *Latest Start*

ES = *Earliest Start*

LF = *Latest Finish*

EF = *Earliest Finish*

2.2.15 Tenggang Waktu Kegiatan

Masa tenggang aktivitas adalah periode waktu yang mewakili ukuran keterlambatan aktivitas yang dapat diterima. Ukuran ini digunakan untuk mengkarakterisasi dampak keterlambatan pelaksanaan proyek dan kebutuhan sumber daya dan pola biaya (Sagiyarto *et al.*, 2013). Prasyarat untuk menghitung masa tenggang adalah:

1. *Network Diagram* yang bagus dengan jumlah aktivitas, peristiwa, dan dummies yang benar (jika diperlukan), hubungan logika dependensi memenuhi persyaratan, dan nomor peristiwa memenuhi persyaratan
2. Perkiraan durasi setiap aktivitas ditentukan.
3. Menghitung EET dan LET untuk semua peristiwa.

2.2.16 Float

Float adalah jumlah waktu yang tersedia untuk suatu aktivitas dan memungkinkan penundaan atau perlambatan yang disengaja atau tidak disengaja

dalam aktivitas tersebut. Namun keterlambatan tersebut tidak mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek (Sukiyarto *et al.*, 2013). Ada tiga jenis masa tenggang aktivitas.

1. *Total Float (TF)*

Saat menyiapkan dan merencanakan jadwal proyek, pentingnya kelonggaran total adalah untuk menunjukkan berapa lama aktivitas dapat ditunda tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. Total float membantu menentukan jalur kritis untuk mempercepat durasi proyek saat $TF = 0$. Untuk mencari *Total Float (TF)*, dapat ditentukan dengan Pers. 2.6 dibawah ini:

$$TF = LS_j - D - ES_i \quad (2.6)$$

2. *Free Float (FF)*

Free float adalah waktu paling awal (ES_j) dari peristiwa penyelesaian kegiatan yang bersangkutan dan durasi sampai kegiatan tersebut selesai, mengingat bahwa kegiatan tersebut dimulai pada waktu paling awal (ES_i). *Free float* juga membantu alokasi sumber daya dan waktu dengan mentransfer ke aktivitas lain. Cara menemukan *Free Float (FF)* dapat ditentukan dengan Pers. 2.7 dibawah ini:

$$FF = ES_j - D - ES_i \quad (2.7)$$

3. *Independent Float (IF)*

Independent float adalah periode dari waktu paling awal kejadian akhir (ES_j) kegiatan yang bersangkutan sampai dengan selesainya kegiatan, jika kegiatan dimulai terlambat dengan kejadian awal (ES_i). Untuk menemukan *Independent float* dapat ditentukan dengan Pers. 2.8 dibawah ini:

$$IF = ES_j - D - LS_i \quad (2.8)$$

2.2.17 Asumsi dan Batasan CPM

Jadwal CPM sudah benar/ideal. Dan itu dapat (secara realistis) diimplementasikan berdasarkan sumber daya yang tersedia (pekerja, material, peralatan) (Sompie & Pratasis, 2015). Keterlambatan yang terjadi pada kegiatan hanya dihitung sampai 50% dari waktu semula. Untuk keterlambatan lebih dari 50% dapat dilakukan:

1. Lakukan perhitungan yang sama.
2. Durasi aktivitas dikurangi sebaik mungkin berdasarkan durasi semua aktivitas

tersebut.

3. Akselerasi berurutan dilakukan hanya untuk aktivitas selanjutnya untuk membandingkan alternatif akselerasi aktivitas individual yang tersedia.
4. Penambahan jam kerja maksimal per hari adalah 3 jam. Ini berarti karyawan bekerja hingga 11 jam per hari.
5. Jumlah maksimum pekerja untuk menyelesaikan setiap kegiatan adalah 50 pekerja per kegiatan untuk ruang lingkup dan ukuran proyek dalam studi penelitian ini.
6. Semua kegiatan diharapkan berlangsung siang dan malam.
7. Semua peralatan dan bahan yang diperlukan dianggap cukup.