

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan dunia konstruksi saat ini sedang menghadapi pertumbuhan yang sangat pesat sehingga perkembangan ekonomi tidak terlepas dari kegiatan-kegiatan berbentuk proyek, sebab proyek ialah unit operasional pembangunan yang sangat kecil. Industri jasa konstruksi memiliki peranan yang besar buat menolong memperlancar pertumbuhan pembangunan ekonomi serta dapat membantu meningkatkan kesejahteraan warga sebab bisa menciptakan infrastruktur yang dibutuhkan buat menunjang pembangunan. Pertumbuhan dunia konstruksi menandai semakin meningkatnya pembangunan infrastruktur yang bisa jadi penanda terus majunya pembangunan suatu negeri.

Pembangunan *factory sharing* atau rumah produksi bersama adalah suatu tempat bagi para pelaku usaha mikro dan usaha kecil dalam melakukan aktifitas produksi secara bersama dengan komoditas produk yang serupa, bagi para pelaku usaha memiliki ketergantungan atas ketrampilan tenaga kerja atau penggunaan teknologi yang saling melengkapi (KEMEN-KUKM, 2022). Dalam rangka untuk meningkatkan pelayanan perlu dilakukan pengembangan berbagai jenis dan bentuk layanan. Maka diperlukan bangunan gedung *factory sharing* yang dapat mencukupi kebutuhan para pelaku usaha mikro dan usaha kecil dalam melakukan aktifitas produksi UKM, guna meningkatkan kualitas kerajinan rotan di Kabupaten Sukoharjo.

Lokasi pekerjaan pembangunan *factory sharing* pada Sentra UKM Provinsi Jawa Tengah di Kabupaten Sukoharjo ini berada di desa Trangsari Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo. Jangka waktu pelaksanaan pembangunan *factory sharing* pada Sentra UKM Provinsi Jawa Tengah di Kabupaten Sukoharjo ini adalah 4 (empat) bulan atau 120 (seratus dua puluh) hari kalender / mengikuti *schedule* selama pelaksanaan konstruksi fisik berlangsung. Proyek ini berlangsung pada tanggal 16 Agustus 2023 - 13 Desember 2023.

Dalam lingkup pekerjaan pembangunan *factory sharing* atau rumah produksi bersama tentunya wajib mempunyai waktu ataupun sasaran yang harus ditentukan demi kelancaran dalam suatu pekerjaan, karena itu perusahaan harus melakukan estimasi waktu atau penjadwalan sebelum melakukan pembangunan proyek agar proyek dikerjakan dapat selesai tepat waktu dan sesuai target yang diharapkan baik itu dari pemilik pekerjaan maupun perusahaan itu sendiri. Namun, masih banyak sekali permasalahan yang ditemukan baik itu dari segi cuaca ataupun kondisi di lapangan yang kurang memungkinkan. Dengan demikian dapat mengakibatkan terjadinya keterlambatan dalam pelaksanaan proyek dari waktu kontrak yang telah ditetapkan. Akan tetapi saat pelaksanaan Pembangunan *factory sharing* pekerjaan sesuai dengan tanggal selesainya kontrak.

Kendala seperti cuaca ataupun kondisi di lapangan yang kurang memungkinkan bisa saja terjadi kapan saja pada saat pembangunan proyek berlangsung dan dapat mengakibatkan proyek tersebut tidak sesuai dengan target. Hal ini tentunya sangat berpengaruh kepada permintaan konsumen apalagi proyek bangunan tersebut akan segera digunakan atau dihuni. Maka dari itu pihak perusahaan harus menyediakan Sumber Daya Manusia (SDM) yang siap membantu dan bekerjasama untuk melaksanakan pembangunan sebuah proyek yang akan dikerjakan atau yang sedang dibuat, tentunya para pekerja harus siap menghadapi berbagai macam resiko.

Dalam pelaksanaan pembangunan proyek adapun batasan-batasan yang terdapat dalam pembangunan seperti biaya anggaran, ruang lingkup pekerjaan, dan waktu pekerjaan dengan tujuan tercapainya proyek tersebut secara efisien dan efektif, maka dari itu pihak perusahaan harus memiliki target atau semacam kontrak pembangunan proyek dengan penjadwalan yang telah ditentukan dari mulainya proyek berjalan hingga selesai pekerjaan. Maka dari itu di perlukan penjadwalan pekerjaan secara matang dan dapat mempertimbangkan beberapa jenis resiko yang akan di akibatkan hal tersebut bisa dilihat dengan menggunakan *gant chart*, namun dengan memakai *gant chart* masih sering terjadi masalah lainnya yang tidak dapat diprediksi, maka dari itu dibutuhkan metode penjadwalan yang dapat menyelaraskan alur pengerjaan proyek,

sehingga alur kegiatan proyek dapat terlihat, serta dapat mengetahui alur mana saja yang harus dikerjakan terlebih dahulu, sehingga waktu yang dijadwalkan dapat dioptimalkan dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM), karena CPM (*Critical Path Method*) metode yang cukup simple dan juga dengan menggunakan metode ini dapat melihat pekerjaan yang *crashing* dan dapat mengetahui jalur kritis dalam pekerjaan.

Metode CPM (*Critical Path Method*) ini digunakan untuk menganalisis jalannya proyek atau aktivitas ketika dalam proyek untuk memprediksi durasi total pekerjaan. CPM (*Critical Path Method*) pada dasarnya adalah merupakan metode yang berorientasi pada waktu, dalam arti bahwa CPM (*Critical Path Method*) akan berakhir pada penentuan waktu pelaksanaan. Metode ini mengidentifikasi jalur kritis pada aktifitas yang ditentukan ketergantungan antar aktifitasnya, sehingga proyek dapat selesai tepat pada waktunya. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan saran kepada pihak perusahaan agar kedepannya bisa lebih mengetahui bahwa pekerjaan mana dulu yang harus dikerjakan lebih awal agar proyek dapat selesai tepat waktu, dengan demikian dapat mengurangi keterlambatan waktu (Firdaus, 2023).

Berdasarkan latar belakang diatas, dalam penelitian ini akan melakukan penyusunan ulang *time schedule* Pembangunan *factory sharing* dengan metode CPM (*Critical Path Method*) guna untuk mengetahui jalur kritis dan mengetahui hasil perbandingan penjadwalan proyek setelah dilakukan percepatan beserta biaya yang diakibatkan terhadap percepatan pekerjaan proyek pembangunan gedung *factory sharing* komoditi rotan. Data primer berupa dokumentasi Lokasi dan foto, sedangkan untuk data sekunder yang diperoleh berupa data RAB (Rencana Anggaran Biaya), waktu pelaksanaan sesuai kontrak kerja (*time schedule*), *Detail Engineering Design* (DED) dan data Laporan Harian. Dan perlu adanya penyusunan ulang yang mampu mengidentifikasi jalur kritis pada pekerjaan. Maka penulis dalam penyusunan tugas akhir ini mengambil judul “**Penjadwalan Ulang Dengan Metode *Critical Path Method* (CPM) Pada Proyek Pembangunan Gedung *Factory Sharing* Komoditi Rotan**”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan diatas, maka dapat diidentifikasi rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana mengetahui jalur kritis dengan metode CPM (*Critical Path Method*) pada Proyek Pembangunan Gedung *Factory Sharing* Komoditi Rotan Kabupaten Sukoharjo?
2. Bagaimana hasil perbandingan penjadwalan proyek setelah dilakukan percepatan beserta biaya yang di akibatkan terhadap percepatan pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung *Factory Sharing* Komoditi Rotan Kabupaten Sukoharjo?

1.3. Tujuan Penulisan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui jalur kritis dengan metode CPM (*Critical Path Method*) pada Proyek Pembangunan Gedung *Factory Sharing* Komoditi Rotan Kabupaten Sukoharjo.
2. Untuk mengetahui hasil perbandingan penjadwalan proyek setelah dilakukan percepatan beserta biaya yang di akibatkan terhadap percepatan pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung *Factory Sharing* Komoditi Rotan Kabupaten Sukoharjo.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini diantaranya adalah:

1. Hasil penelitian dapat memberikan evaluasi kedepanya kepada pihak proyek tentang kegiatan penting yang dapat mempersingkat waktu penyelesaian pekerjaan proyek konstruksi.
2. Dapat menambah wawasan baru tentang penjadwalan proyek konstruksi.
3. Metode CPM (*Critical Path Method*) ini dapat membantu menjadwalkan proyek dengan cara yang efektif dan efisien sehingga tenaga kerja tidak terlambat dalam menyelesaikan pekerjaan.

1.5. Batasan Masalah

1. Analisis data dilakukan menggunakan program *microsoft project* untuk perhitungan waktu yang diharapkan dan melakukan penjadwalan serta mengetahui waktu penyelesaian proyek.
2. Penjadwalan kumulatif *progress* proyek sesuai dengan aktivitas dan periode pengerjaan proyek menggunakan kurva "S".
3. Penjadwalan aktivitas-aktivitas proyek yang bisa dipercepat.
4. Aspek kajian direncanakan dengan menggunakan metode *CPM (Critical Path Method)*.
5. Data penelitian diperoleh dari pihak kontraktor proyek berupa *time schedule* struktur rencana proyek, data RAB (Rencana Anggaran Biaya).
6. Bahan penelitian untuk menentukan jadwal percepatan hanya lingkup pekerjaan struktur.
7. Perencanaan penjadwalan hanya berhubungan dengan waktu optimalisasi dalam percepatan.
8. Penelitian dibatasi pada kinerja waktu lembur dan biaya lembur.
9. Pembahasan biaya hanya membandingkan biaya setelah dilakukan percepatan dan sebelum percepatan, untuk langkah optimalisasi biaya yang diakibatkan setelah percepatan tidak tercantum dalam penelitian ini.
10. Penelitian dilakukan di proyek pembangunan gedung *Factory Sharing* Komoditi Rotan di desa Trangsan Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo.
11. Proyek ini berlangsung pada tanggal 16 Agustus 2023 - 13 Desember 2023.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Penelitian mengenai penjadwalan proyek dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) perlu dilakukan peninjauan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya sebagai referensi.

Pengendalian waktu atau penjadwalan pekerjaan merupakan alat yang dapat digunakan dalam penyelesaian suatu proyek. Untuk proyek dalam skala kecil maupun besar penting adanya penjadwalan atau pengendalian waktu proyek agar setiap tahap kegiatan dapat diketahui estimasinya secara lebih rinci, sehingga pelaksanaan pekerjaan proyek dapat dilaksanakan secara efisien dan efektif serta dapat meminimalisir adanya keterlambatan proyek.

Dalam pengendalian waktu proyek, dapat digunakan *network planning* atau jaringan kerja. Ini merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk membantu dalam pengendalian waktu proyek, karena dengan jaringan kerja dapat diketahui tahapan kegiatan yang berurutan, kegiatan yang dilakukan bersamaan atau saling berhubungan. Serta dapat diketahui juga durasi total proyek berdasarkan tahapan kegiatan yang telah di tentukan.

2.2. Tinjauan Penelitian Sejenis

Untuk bahan pertimbangan serta referensi penelitian tugas akhir ini akan dipaparkan beberapa referensi penelitian sejenis dan sudah dilakukan. Dijabarkan dibawah ini hasil penelitian yang pernah dilakukan sebagai berikut:

2.2.1. Penggunaan Metode CPM (*Critical Path Method*) Pada Proyek Peningkatan Jalan Baru - Batas Kota Sibolga

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ndraha, 2015) dengan judul “Penggunaan Metode CPM (*Critical Path Method*) Pada Proyek Peningkatan Jalan Baru - Batas Kota Sibolga”. Landasan teori pada penelitian tersebut menggunakan teori statis

metode penjadwalan CPM (*Critical Path Method*) menentukan jalur kritis pekerjaan. lintasan kritis yang dihasilkan oleh metode penjadwalan CPM (*Critical Path Method*) pada proyek ini adalah pada kegiatan mobilisasi, galian tanah biasa, timbunan pilihan, penyiapan badan jalan, lapis pondasi agregat kelas B, lapis pondasi agregat kelas A, laston lapis antara perata (AC-BC) L, laston lapis antara (AC-BC), lapis aus (AC-WC), lapis pondasi kelas S dan marka jalan termoplastik dikarenakan pada pekerjaan mobilisasi perhitungan maju mundur (*forward computation*) melalui *start to finish* dengan durasi 33 hari dan pada perhitungan mundur (*backward computation*) melalui *finish to start* juga memiliki durasi 33 hari.

2.2.2. Evaluasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM Dan PERT (Studi Kasus Pembangunan Terminal Binuang Baru Kec. Binuang)

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ekanugraha, 2016) dengan judul “Evaluasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM dan PERT” Studi kasus pembangunan terminal Binuang Baru Kecamatan Binuang. Landasan teori pada penelitian tersebut menggunakan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dan CPM (*Critical Path Method*) digunakan untuk mengetahui berapa lama suatu proyek tersebut diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek. Hasilnya durasi waktu optimal proyek pembangunan terminal Binung Baru di Kecamatan Binung yaitu 59 hari dari waktu normal 65 hari. Total biaya optimal proyek pembangunan Terminal Binung Baru dengan durasi optimal tersebut yaitu sebesar Rp.3.375.727.806.

2.2.3. Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Asrama Aceh Dengan Menggunakan Metode CPM (*Critical Path Method*).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Firdaus, 2023) dengan judul “Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Asrama Aceh Dengan Menggunakan Metode CPM (*Critical Path Method*)”. Landasan teori pada penelitian tersebut menggunakan teori statis metode penjadwalan CPM (*Critical Path Method*) menentukan jalur kritis

pekerjaan. Pada PT.Amfuture Satriasyach Pratama merupakan sebuah badan usaha yang bergerak dalam bidang jasa *engineering procrutment construction* sebagai permintaan pasar dunia konstruksi. Namun masih sering kali ditemukan adanya permasalahan keterlambatan dalam pembangunan. Salah satu penyebab terjadinya keterlambatan dikarenakan kurangnya terencana penjadwalan pembangunan sehingga mengalami keterlambatan pada saat pengerjaannya dilapangan. Dalam mengatasi permasalahan tersebut, pada penelitian ini akan membahas mengenai penjadwalan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*), metode CPM (*Critical Path Method*) ini digunakan untuk mengatur penjadwalan proyek pembangunan konstruksi. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) maka perusahaan dapat menyelesaikan proyek lebih cepat dengan demikian pihak konsumen juga bisa segera menggunakan dan menempati Asrama Aceh ini lebih awal dari seharusnya.

2.2.4. Evaluasi Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode Critical Path Method (CPM) Studi Kasus Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Saputra et al., 2021) dengan judul “Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode *Critical Path Method* (CPM) Studi Kasus Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi”. Pemilik proyek Pemerintah Kota Jambi merupakan dana alokasi khusus yang dialokasikan dari pemerintah pusat, pembangunan ini dilakukan untuk menunjang RSUD naik kelas dari C menuju B. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa waktu perencanaan proyek atau *time schedule* dengan menggunakan CPM (*Critical Path Method*) adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menganalisa penjadwalan proyek dan mencari jalur kritis pada pekerjaan Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Abdul Manap Kota Jambi. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan CPM (*Critical Path Method*) maka didapat alur jalur kritis dengan kode

pekerjaan: AA, BA, BB, BC, BD, BE, DA, DF, DO, FF, FG. Kurun waktu penyelesaian pekerjaan dengan menggunakan CPM (*Critical Path Method*) selama 240 hari.

2.2.5. Analisis Penjadwalan Pelaksanaan Pekerjaan Proyek dengan Menggunakan Metode CPM dan PDM Pada Peningkatan Jalan Sei. Pakning (KM130) - Teluk Masjid - Simpang Pusako Kabupaten Siak.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Syaputra, 2019) dengan judul “Analisis Penjadwalan Pelaksanaan Pekerjaan Proyek dengan Menggunakan Metode CPM dan PDM Pada Peningkatan Jalan Sei. Pakning (KM130) - Teluk Masjid - Simpang Pusako Kabupaten Siak”. Landasan teori pada penelitian tersebut menggunakan kualitas yang dimulai dengan menghitung durasi pekerjaan, menentukan lintasan kritisnya dengan metode CPM (*Critical Path Method*) dan PDM (*Precedence Diagram Method*) serta membandingkan dua metode tersebut. Hasil penelitian analisis menunjukkan bahwa antara kedua metode memiliki lintasan dan durasi yang berbeda. Jumlah kegiatan lintasan kritis pada metode CPM (*Critical Path Method*) yaitu 14 kegiatan dengan jumlah durasi yang didapat adalah 183 hari sedangkan metode PDM (*Precedence Diagram Method*) memiliki empat konstrain yaitu SS, FF, FS dan SF. Pada konstrain SS memiliki jumlah kegiatan lintasan kritis yaitu 16 kegiatan dengan jumlah durasi yang didapat adalah 154 hari, pada konstrain FF memiliki jumlah kegiatan lintasan kritis yaitu 15 kegiatan dengan jumlah durasi yang didapat adalah 154 hari, pada konstrain FS memiliki jumlah kegiatan lintasan kritis yaitu 13 kegiatan dengan jumlah durasi yang didapat adalah 155 hari dan pada konstrain SF memiliki jumlah kegiatan kritis yaitu 14 kegiatan dengan jumlah durasi yang didapat adalah 153 hari. Durasi CPM (*Critical Path Method*) yang lebih lama dibandingkan PDM (*Precedence Diagram Method*) terjadi karena konstrain yang bekerja pada CPM (*Critical Path Method*) hanya konstrain *finish to start* (kegiatan dimulai apabila kegiatan sebelumnya selesai). Untuk menjaga pekerjaan sesuai dengan durasi perencanaan maka kontraktor harus memberi perhatian pada kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis.

2.3. Landasan Teori

2.3.1. Proyek

Tampubolon mendefinisikan proyek sebagai suatu rangkaian kegiatan yang hanya terjadi sekali, dimana pelaksanaannya sejak awal sampai akhir dibatasi oleh kurun waktu tertentu (Ekanugraha, 2016). Kegiatan-kegiatan tersebut dapat meliputi pembangunan pabrik, jalan raya atau kereta api, irigasi, bendungan, gedung sekolah atau rumah sakit, perluasan atau perbaikan program-program yang sedang berjalan, dan sebagainya. Proyek merupakan bagian dari program kerja suatu organisasi yang sifatnya temporer untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi, dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia. Proyek merupakan kegiatan yang memiliki batas waktu dalam pengerjaannya. (Munawaroh dalam Ekanugraha, 2016)

Subagya (dalam Ekanugraha, 2016) proyek merupakan suatu pekerjaan yang memiliki tanda-tanda khusus sebagai berikut:

1. Waktu mulai dan selesainya sudah direncanakan.
2. Merupakan suatu kesatuan pekerjaan yang dapat dipisahkan dari yang lain.
3. Biasanya volume pekerjaan besar dan hubungan antar aktifitas kompleks.

Proyek adalah kegiatan-kegiatan yang dapat direncanakan dan dilaksanakan dalam satu bentuk kesatuan dengan mempergunakan sumber-sumber untuk mendapatkan benefit (Gray dalam Ekanugraha, 2016). Kegiatan-kegiatan tersebut dapat meliputi pembangunan pabrik, jalan raya atau kereta api, irigasi, bendungan, gedung sekolah atau rumah sakit, perluasan atau perbaikan program-program yang sedang berjalan, dan sebagainya. Sedangkan Meredith dan Mantel (dalam Ekanugraha, 2016) mengatakan bahwa *“The project is complex enough that the subtasks require careful coordination and control in terms of timing, precedence, cost, and performance.”* Dapat diartikan bahwa proyek memiliki sub tugas yang cukup kompleks dan memerlukan koordinasi yang cermat, selain itu melakukan kontrol terhadap waktu, biaya dan kinerja.

Menurut Malik proyek merupakan sekumpulan kegiatan terorganisir yang mengubah sejumlah sumber daya menjadi satu atau lebih produk barang/jasa bernilai terukur dalam sistem satu siklus, dengan batasan waktu, biaya, dan kualitas yang ditetapkan melalui perjanjian. Dalam sebuah proyek, penggunaan biaya, waktu serta tenaga dibatasi, sehingga penanggung jawab proyek harus bisa mengelola kegiatannya agar dapat terlaksana dengan efektif dan efisien. (dalam Ekanugraha, 2016)

Berdasarkan beberapa pendapat ahli di atas, dapat diartikan bahwa proyek adalah suatu rangkaian kegiatan yang di jalankan memiliki keterbatasan waktu, biaya dan tenaga. dari tiga rangkaian tersebut memiliki keterikatan satu sama lain yang tidak dapat di pisahkan untuk menuju jalanya proyek yang efektif dan efisien, supaya proyek dapat tepat mutu dan waktu yang di inginkan.

1. Jenis-jenis proyek

Malik mendefinisikan proyek ke dalam beberapa kelompok diantaranya yaitu (Ekanugraha, 2016) :

- a. Proyek rekayasa konstruksi, meliputi perencanaan, pengawasan, pelaksanaan, pemeliharaan, renovasi, rehabilitasi dan restorasi bangunan konstruksi dan wujud fisik lainnya, beserta kelengkapan dan asesornya.
- b. Proyek pengadaan barang, meliputi pengadaan benda dan peranti, baik bergerak maupun tidak bergerak, dalam berbagai bentuk dan uraian, yang meliputi bahan baku, barang setengah jadi, barang jadi, lahan, dan peralatan beserta kelengkapan dan asesornya.
- c. Proyek teknologi informasi dan komunikasi, meliputi pengadaan jaringan dan instalasi sarana dan prasarana informasi dan telekomunikasi baik cetak, audio, video dan *cyber*.
- d. Proyek sumber daya alam dan energi, meliputi eksplorasi, eksploitasi, penyediaan, pengelolaan, pemanfaatan dan distribusi sumber daya alam dan energi.

- e. Proyek pendidikan dan pelatihan, meliputi pelaksanaan kegiatan pendidikan, pelatihan, dan kegiatan-kegiatan peningkatan kemampuan keahlian, kecakapan dan keterampilan lainnya dalam berbagai bidang.
- f. Proyek penelitian dan pengembangan, meliputi kegiatan studi dalam berbagai aspek ilmu pengetahuan, sosial, ekonomi, budaya, politik, manajemen, lingkungan hidup, dan aspek kemasyarakatan lainnya.

2. Ciri-ciri proyek

Dannyanti mengatakan bahwa ada beberapa macam ciri-ciri proyek antara lain (Ekanugraha, 2016) :

- a. Memiliki tujuan tertentu berupa hasil kerja akhir.
- b. Sifatnya sementara karena siklus proyek relatif pendek.
- c. Dalam proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, anggaran biaya, dan mutu hasil akhir.
- d. Merupakan kegiatan nonrutin, tidak berulang-ulang.
- e. Keperluan sumber daya berubah, baik macam maupun volumenya.

3. Tahapan siklus proyek

Menurut Gray, *et al* menyatakan tahapan proyek dibagi dalam enam tahap, sebagai berikut (Ekanugraha, 2016)

a. Tahap identifikasi

Yakni menentukan calon-calon proyek yang perlu dipertimbangkan untuk dilaksanakan.

b. Tahap formulasi

Yakni mengadakan persiapan dengan melakukan prastudi kelayakan dengan meneliti sejauh mana calon-calon proyek tersebut dapat dilaksanakan menurut aspek-aspek teknis, institusional, sosial, dan eksternalitas.

c. Tahap analisis

Yaitu mengadakan *appraisal* atau evaluasi terhadap laporan-laporan studi kelayakan yang ada, untuk dipilih alternatif proyek yang terbaik.

d. Tahap implementasi

Tahap implementasi merupakan tahap pelaksanaan proyek.

e. Tahap operasi

Pada tahap ini perlu mempertimbangkan metode-metode pembuatan laporan atas pelaksanaan operasinya.

f. Tahap evaluasi hasil

Tahap evaluasi pelaksanaan proyek berdasarkan pada laporan-laporan tahap sebelumnya.

4. Batasan proyek

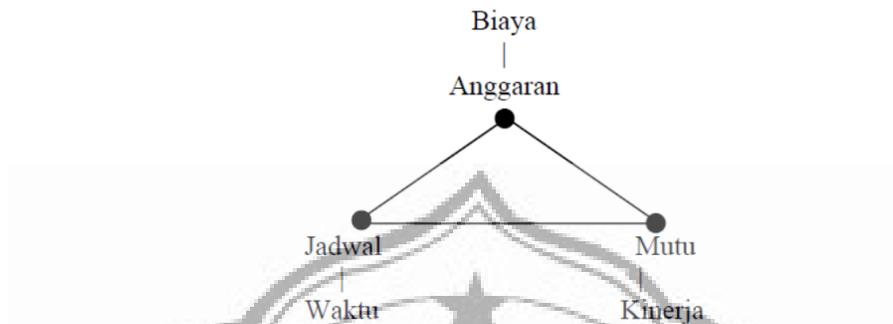
Menurut Schwalbe setiap proyek memiliki batasan yang berbeda terhadap ruang lingkup, waktu, dan biaya yang biasanya disebut sebagai *triple constraint* (3 kendala). Setiap perencanaan pekerjaan proyek harus memperhatikan ketiga hal tersebut dalam manajemen proyek (Tardok, 2018) :

- a. Ruang lingkup (*scope*) : apa yang ingin dicapai dalam proyek produk atau layanan apa yang pelanggan harapkan dari proyek tersebut ?
- b. Waktu (*time*) : berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek? bagaimana jadwal kegiatan proyek akan dilaksanakan ?
- c. Biaya (*cost*) : berapa biaya yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan proyek?

Ketiga batasan yang dinyatakan oleh Schwalbe memiliki hubungan yang berkaitan. Artinya jika ingin meningkatkan daya kerja produk atau tujuan dalam proyek yang sudah di sepakati dalam kontrak biasanya harus diikuti dengan meningkatkan waktu. Dengan meningkatnya waktu proyek, pastinya juga terjadi peningkatan biaya. Dan juga sebaliknya, jika ingin menghemat biaya harus menekan durasi waktu pekerjaan.

(Soeharto, 1999) Selain berbentuk bangunan, telah disebutkan bahwa tiap proyek memiliki tujuan khusus, misalnya membangun rumah tinggal, jembatan, atau instalasi pabrik. Di dalam proses mencapai tujuan tersebut, ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang harus dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi

penyelenggara proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek. Ketiga batasan di atas disebut tiga kendala (*triple constraint*)



Gambar 2. 1 Sasaran Proyek Yang Juga Merupakan Tiga Kendala (*Triple Constraint*)
(Sumber : Buku Manajemen Proyek, Soeharto, 1999)

2.3.2. Manajemen Proyek

Ervianto (dikutip dalam Saputra et al., 2021) menyatakan manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

Manajemen proyek adalah merencanakan organisasi, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh lagi manajemen proyek menggunakan pendekatan hirarki vertikal dan horizontal. (H. Kurzner dalam Saputra et al., 2021)

Siswanto (dalam jurnal, Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019), menyatakan bahwa manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu

1. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.

2. Proses pengendalian (*controlling*).

Ada 3 fase yang meliputi manajemen proyek menurut Heizer dan Render (dalam Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019) yaitu :

1. Perencanaan

Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi timnya.

2. Penjadwalan

Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.

3. Pengendalian

Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Hughes dan Mike menyatakan manajemen proyek merupakan suatu cara untuk menyelesaikan masalah yang harus dipaparkan oleh *user*, kebutuhan *user* harus terlihat jelas dan harus terjadi komunikasi yang baik agar kebutuhan *user* bisa diketahui. Manajemen proyek memiliki peran khusus dalam struktur organisasi tradisional yang sangat birokratis dan tidak dapat dengan cepat merespon perubahan lingkungan. (Ekanugraha, 2016)

1. Tujuan manajemen proyek

Tujuan manajemen proyek menurut Soeharto (dalam Syaputra, 2019) yaitu untuk dapat menjalankan setiap proyek secara efektif dan efisien sehingga dapat memberikan pelayanan maksimal bagi semua pelanggan.

Secara rinci Handoko (dalam Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019) menyatakan tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut:

- a. Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan mengakibatkan kerugian seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.

- b. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
- c. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Soeharto menyatakan bahwa tujuan pokok dari manajemen konstruksi adalah mengelola atau mengatur pelaksanaan pembangunan sedemikian rupa, sehingga diperoleh hasil sesuai dengan persyaratan (dalam Syaputra, 2019)

Di dalam manajemen proyek, ada 3 (tiga) batasan pokok yang harus dikendalikan yaitu biaya, mutu dan waktu pelaksanaan pekerjaan, dengan tetap menjaga keselamatan kerja dan lingkungan. Unsur-unsur tersebut saling terkait dan tidak dapat dipisahkan. Dalam mengendalikan tiga batasan tersebut sering kali peranan alat sangat besar. Oleh karena itu peranan manajemen peralatan sangat penting dalam rangka mencapai sasaran perusahaan yaitu laba, citra dan profesionalisme yang dapat diukur dari kemampuan mengendalikan biaya, kemampuan menyelesaikan pekerjaan sesuai waktu yang telah ditetapkan dan kemampuan menghasilkan produk/pekerjaan sesuai dengan mutu yang disyaratkan. Ada lagi satu ukuran kinerja baru saat ini, yaitu keselamatan kerja dan lingkungan (Asiyanto dalam Syaputra, 2019)

2. Fungsi manajemen proyek

Seperti yang disebutkan diatas, manajemen konstruksi adalah proses penerapan fungsi-fungsi manajemen pada suatu proyek dengan sumber daya yang ada secara efektif dan efisien agar tercapai tujuan proyek secara optimal.

Manajemen konstruksi memiliki beberapa fungsi antara lain menurut Syarif, (Syaputra, 2019):

- a. Sebagai *quality control* untuk menjaga kesesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan.
- b. Mengantisipasi terjadinya perubahan kondisi lapangan yang tidak pasti dan mengatasi kendala terbatasnya waktu pelaksanaan.

- c. Memantau prestasi atau kemajuan proyek yang telah dicapai, hal itu dilakukan dengan *opname* (laporan) harian, mingguan dan bulanan.
 - d. Hasil evaluasi dapat dijadikan tindakan pengambilan keputusan terhadap masalah-masalah yang terjadi dilapangan.
 - e. Fungsi manajerial dari manajemen merupakan sistem informasi yang baik untuk menganalisis performa dilapangan
3. Tahapan manajemen proyek
- Manajemen proyek dilakukan dalam tiga fase oleh Prasetya dan Fitri (dalam Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019) yaitu :
- a. Perencanaan, fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek dan organisasi timnya.
 - b. Penjadwalan, fase ini menghubungkan orang, uang dan bahan untuk kegiatan khusus, dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
 - c. Pengendalian, pada fase ini mengawasi sumber daya, biaya, kualitas dan anggaran.

2.3.3. CPM (*Critical Path Method*)

Menurut Levin dan Kirkpatrick (dalam Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019), metode Jalur Kritis (*Critical Path Method* - CPM), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Dengan CPM (*Critical Path Method*) jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Siswanto menyatakan CPM (*Critical Path Method*) adalah model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis (dalam Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019). CPM (*Critical Path Method*) merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek

melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

1. Jaringan kerja (*network planning*)

Perencanaan *network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam *diagram network*. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan. dianalisis (Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019)

(Lilyana, 2020) oleh karena itu disini sangat diperlukan sebuah manajemen waktu (*Time Management*) untuk mengefisienkan waktu sebuah proyek yang disamping mempertajam prioritas, juga mengusahakan peningkatan efisiensi dan efektifitas pengelolaan proyek agar dicapai hasil yang maksimal dari sumber daya yang tersedia. Semuanya itu mencapai tujuan dari sebuah proyek pembangunan rumah yaitu kesuksesan yang memenuhi kriteria waktu (jadwal) selain juga biaya (anggaran) dan mutu (kualitas).

2. Biaya total proyek

Total biaya proyek adalah jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Kedua-duanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi komulatif biaya tak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1999).

Secara umum biaya proyek konstruksi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

- a. Biaya langsung secara umum menunjukkan biaya tenaga kerja, bahan, peralatan, dan kadang-kadang juga biaya subkontraktor. Biaya langsung akan bersifat sebagai biaya normal apabila dilakukan dengan metode yang efisien, dan dalam waktu normal proyek. Biaya untuk durasi waktu yang dibebankan (*imposed*

duration date) akan lebih besar dari biaya untuk durasi waktu yang normal, karena biaya langsung diasumsikan dikembangkan dari metode dan waktu yang normal sehingga pengurangan waktu akan menambah biaya dari kegiatan proyek. Total dari semua paket kegiatan dalam proyek menunjukkan total biaya langsung untuk keseluruhan proyek (Putri dalam Sabilla & Priyo, 2013)

- b. Biaya tidak langsung adalah segala sesuatu yang tidak merupakan komponen hasil akhir proyek, tetapi dibutuhkan dalam rangka proses pembangunan yang biasanya terjadi di luar proyek dan sering disebutkan dengan (*indirect cost*). Biaya tak terduga sendiri umumnya diperkirakan antara 0,5 sampai 5% dari biaya total proyek. (Pratomo, S, 2019)

Parameter yang digunakan untuk estimasi menentukan biaya tak langsung berdasarkan persamaan di atas adalah sebagai berikut :

- a) Semakin besar nilai proyek maka rasio biaya tak langsung semakin kecil,
- b) Semakin lama durasi waktu pelaksanaan proyek rasio biaya tak langsung yang dikeluarkan semakin besar

Jadi biaya total proyek adalah penjumlahan biaya langsung dan biaya tidak langsung, dimana biaya tersebut sangat bergantung terhadap durasi (waktu) penyelesaian proyek.

3. Jalur kritis

Jalur kritis menurut Render dan Jay (dalam Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019) merupakan sebuah rangkaian aktivitas - aktivitas dari sebuah proyek yang tidak bisa ditunda waktu pelaksanaannya dan menunjukkan hubungan yang saling berkaitan satu sama lain. Semakin banyak jalur kritis dalam suatu proyek, maka akan semakin banyak pula aktivitas yang harus diawasi. Akumulasi durasi waktu paling lama dalam jalur kritis akan dijadikan sebagai estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, jalur kritis diperoleh dari diagram jaringan yang mempetrllihatkan hubungan dan urutan kegiatan dalam satu proyek.

Dalam metode CPM (*Critical Path Method*) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama.

Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1999). Lintasan kritis (*critical path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal (Badri dalam Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019).

Menurut Badri (dalam Sumartono & Hari Moektiwibowo, 2019), manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut :

- a. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh pekerjaan proyek tertunda penyelesaiannya.
- b. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat.
- c. Pengawasan atau kontrol dapat dikontrol melalui penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur.
- d. *Time slack* atau kelonggaran waktu terdapat pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi pimpinan proyek untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan efisien.

4. Analisis dengan metode *time cost trade off*

Ervianto (dalam Tardok, 2018) menjelaskan *time cost trade off* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis, dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada

pada jalur kritis. Selanjutnya melakukan kompresi dimulai dari lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah.

Menurut Soeharto (dalam Tardok, 2018), prosedur mempersingkat waktu diuraikan sebagai berikut:

- a. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan mengidentifikasi *float* dengan memakai kurun waktu normal.
- b. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
- c. Menentukan biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
- d. Menghitung *cost slope* masing-masing komponen kegiatan.
- e. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *cost slope* terendah.
- f. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepatan kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi *slope* biaya terendah.
- g. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik proyek dipersingkat.
- h. Membuat tabulasi biaya versus waktu, gambarkan dalam grafik dan hubungkan titik normal (biaya dan waktu normal), titik yang terbentuk setiap kali mempersingkat kegiatan sampai dengan Titik Proyek Dipersingkat (TPD).
- i. Hitung biaya tidak langsung proyek dan gambarkan pada grafik di atas.
- j. Jumlahkan biaya langsung dan biaya tak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu yang diinginkan.

5. Durasi kegiatan waktu

Durasi kegiatan dalam metode jaringan kerja adalah lama waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan awal sampai akhir. Kurun waktu pada umumnya dinyatakan dengan satuan jam, hari, atau minggu. Perhitungan durasi pada metode CPM (*Critical Path Method*) digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian aktivitas, yaitu dengan cara single duration estimate. Cara ini dilakukan jika durasi dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi. Rumus yang digunakan untuk menghitung durasi kegiatan adalah (Soeharto, 1999):

$$D = \frac{V}{Pr \cdot N} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

D = Durasi kegiatan

V = Volume kegiatan

Pr = Produktivitas kerja rata – rata

N = Jumlah tenaga kerja dan peralatan

6. Jadwal aktivitas

Guna mengetahui jalur kritis, kita menghitung dua waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan, sebagai berikut:

- a. Mulai terdahulu (*earliest start - ES*), yaitu waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai.
- b. Selesai terdahulu (*earliest finish - EF*), yakni waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai.
- c. Nilai terakhir (*latest star - LS*), yaitu waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.
- d. Selesai terakhir (*latest finish - LF*), yaitu waktu terakhir suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

7. Menghitung waktu slack / float dan mengidentifikasi jalur kritis

Hambatan aktivitas dapat terjadi dalam pelaksanaan suatu proyek, untuk itu harus ada waktu *slack* dalam setiap kegiatan. Waktu *slack* atau waktu bebas ialah waktu yang dimiliki oleh setiap kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan. Secara matematis Heizer&Render (dalam Tardok, 2018). Waktu slack dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Slack = LS - ES \text{ atau } Slack = LF - EF$$

Ada 2 tipe *float* (Heizer & Render,2014) (Tardok, 2018):

- a. *Free float* adalah lamanya suatu tugas dapat mundur tanpa menunda tugas berikutnya.

b. Total *float* adalah lamanya suatu tugas dapat mundur tanpa menunda seluruh proyek.

Jalur kritis adalah jalur yang melewati aktivitas dimana $Total\ Float = Free\ Float = 0$, artinya jalur dimana setiap aktivitas tidak memiliki waktu kelonggaran, baik total *float* maupun *free float*.

8. Mempercepat waktu penyelesaian proyek (*crashing*)

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan pada setiap kegiatan yang disebut *crash program*. Dengan pengurangan durasi pada lingkup pekerjaan yang sama akan dibutuhkan penambahan waktu kerja per hari atau penambahan sumber daya yang diperlukan. Dengan penambahan tersebut akan menimbulkan tambahan biaya yang menyebabkan bertambahnya biaya total proyek. Jadi tujuan yang ingin dicapai *crashing* ini adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan tambahan biaya seminimal mungkin, (Agung dalam Tardok, 2018)

Menurut Ervianto menyatakan kegiatan dalam suatu proyek konstruksi dapat dipercepat dengan berbagai cara yaitu (Tardok, 2018):

- a. Dengan mengadakan *shift* pekerjaan.
- b. Dengan memperpanjang waktu kerja (lembur).
- c. Dengan menggunakan alat bantu yang lebih produktif.
- d. Menambah jumlah pekerja.
- e. Dengan menggunakan material yang dapat lebih cepat pemasangannya.
- f. Menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat.

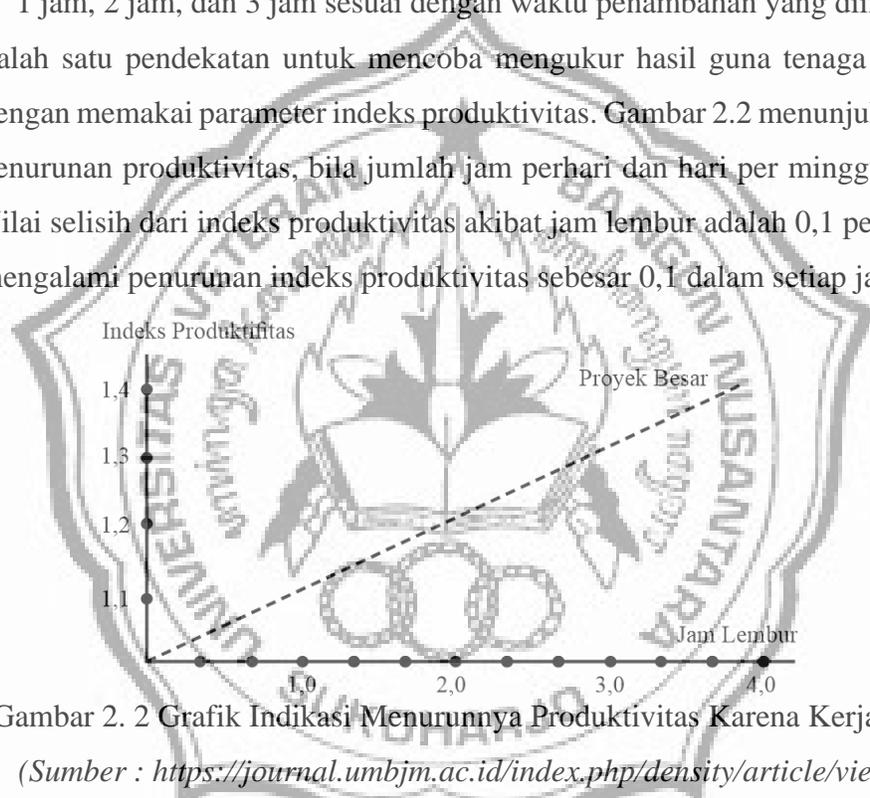
9. Pelaksanaan penambahan jam kerja (lembur)

Penambahan jam kerja bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas akan lebih cepat. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 7 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

Adapun rencana kerja yang akan dilakukan dalam mempercepat durasi sebuah pekerjaan dengan metode jam kerja lembur adalah :

- a. Waktu kerja normal adalah 8 jam (08.00 – 17.00), sedangkan lembur dilakukan setelah waktu kerja normal.
- b. Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan.

Salah satu pendekatan untuk mencoba mengukur hasil guna tenaga kerja adalah dengan memakai parameter indeks produktivitas. Gambar 2.2 menunjukkan indikasi penurunan produktivitas, bila jumlah jam perhari dan hari per minggu bertambah. Nilai selisih dari indeks produktivitas akibat jam lembur adalah 0,1 perjamnya atau mengalami penurunan indeks produktivitas sebesar 0,1 dalam setiap jam.



Gambar 2. 2 Grafik Indikasi Menurunnya Produktivitas Karena Kerja Lembur
(Sumber : <https://journal.umbjm.ac.id/index.php/density/article/view/769>)

Berikut ini rumus untuk perhitungan akibat kerja lembur adalah sebagai berikut:

a. Produktivitas harian

$$= \frac{Volume}{Durasi\ normal} \dots\dots\dots(2.2)$$

b. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{Produktivitas\ harian}{Jam\ kerja\ perhari} \dots\dots\dots(2.3)$$

c. Produktivitas Harian sesudah *crash*

$$= (Jam\ kerja\ perhari \times Produktivitas\ tiap\ jam) + (a \times b \times Produktivitas\ tiap\ jam) \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

a = lama penambahan jam kerja (lembur)

b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur)

d. *Crash duration*

$$= \frac{Volume}{Produktivitas\ harian\ sesuai\ crash} \dots\dots\dots(2.5)$$

a. *Crash cost* pekerja perhari

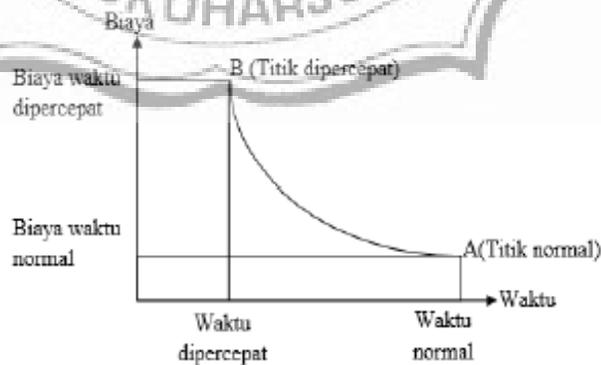
$$= (Biaya\ total\ resource \times durasi\ crashing) + (\Sigma\ biaya\ material) \dots\dots\dots(2.6)$$

b. *Cost slope*

$$= \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{Durasi\ Normal - Durasi\ Crash} \dots\dots\dots(2.7)$$

10. Hubungan antara biaya dan waktu

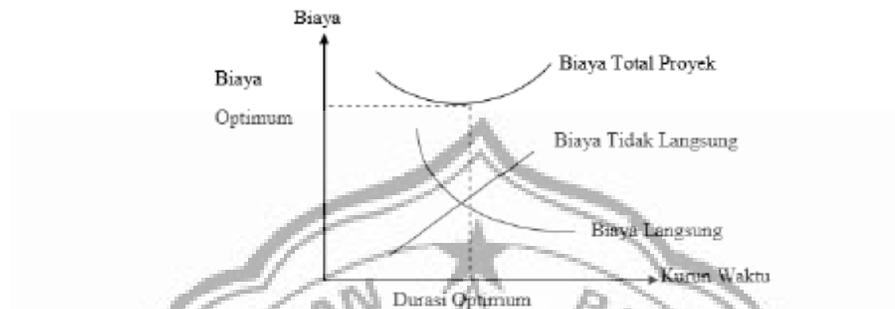
Hubungan antara biaya proyek, baik biaya langsung maupun biaya tidak langsung dengan waktu yang diperlukan dapat dilihat pada Gambar 2.3. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Selain itu, pada Gambar 2.3 memperlihatkan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam kerja (lembur) maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar.



Gambar 2. 3 Hubungan Waktu Dengan Biaya Normal Dan Dipercepat Untuk Suatu Kegiatan

(Sumber : <https://journal.umbjm.ac.id/index.php/density/article/view/769>)

Pada Gambar 2.4 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



Gambar 2. 4 Hubungan Waktu Dengan Biaya Total, Biaya Langsung, Dan Biaya Tak Langsung

(Sumber : <https://journal.umbjm.ac.id/index.php/density/article/view/769>)

11. Biaya denda keterlambatan proyek

Pasal 120 Perpres 70 tahun 2012, tentang sanksi keterlambatan:

“Selain perbuatan atau tindakan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 118 ayat (1), Penyedia Barang/Jasa yang terlambat menyelesaikan pekerjaan dalam jangka waktu sebagaimana ditetapkan dalam Kontrak karena kesalahan Penyedia Barang/Jasa, dikenakan denda keterlambatan sebesar 1/1000 (satu perseribu) dari nilai kontrak atau nilai bagian Kontrak untuk setiap hari keterlambatan”.

Total denda = total hari keterlambatan \times denda perhari(2.8)

dengan :

Denda perhari sebesar 1/1000 (satu permil) dari nilai kontrak.