

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pelaksanaan pembangunan sebuah proyek harus ada perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian dan kontrol yang baik agar mendapatkan hasil yang optimal dari segi waktu, biaya dan juga kualitas. Aspek penting yang berkaitan dengan pelaksanaan pembangunan sebuah proyek adalah manajemen proyek. Menurut H. Kerzner dalam Soeharto (1995) manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Keberhasilan suatu proyek dapat diukur dari dua hal, yaitu keuntungan yang didapat serta ketepatan waktu penyelesaian. Banyak upaya yang harus dilakukan agar kita dapat mencapai apa yang telah direncanakan antara lain perhitungan kekuatan struktur yang tepat, perhitungan estimasi biaya yang efektif dan ekonomis (Rencana Anggaran Biaya) dan menejerial pelaksanaan baik mengenai waktu dan biaya. Jika salah satu dari upaya tersebut tidak atau kurang memenuhi akan berakibat kurangnya mutu atau hasil akhir dari proyek tersebut.

Penjabaran didalam proyek yaitu berupa penjadwalan yang meliputi langkah-langkah urutan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan waktu yang ditentukan untuk mencapai tujuan proyek. Menurut Callahan (1992) dalam Setiawati et al., (2017) penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, di mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis.

Didalam aktifitasnya tidak dipungkiri berbagai macam permasalahan didalam pelaksanaan proyek sering dijumpai, salah satunya yaitu bertambahnya waktu pelaksanaan proyek karena mengalami keterlambatan progres pada tahap pelaksanaan, yang menyebabkan waktu penyelesaian proyek menjadi lebih lama. Oleh karena itu sebagai kontraktor pelaksana ketika hal tersebut terjadi dilapangan

maka harus segera mengambil tindakan untuk mengatasinya salah satunya yaitu dengan melakukan percepatan. Selain itu juga percepatan bisa dilakukan untuk mngantisipasi adanya penalti yang dijatuhkan kepada kontraktor apabila waktu yang ditentukan tidak tercapai. Ada beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan pelaksanaan percepatan pada suatu aktivitas proyek yaitu meliputi penambahan jumlah jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan pergantian atau penambahan peralatan,

Untuk melakukan percepatan dengan beberapa alternatif percepatan perlu dipelajari tentang jaringan kerja yang ada dan hubungan antara waktu dan biaya, hal ini disebut sebagai Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off Analysis*) (Frederika, 2010). *Time Cost Trade Off Analysis* (TCTO) adalah metode analisis yang digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan cara kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), dan biaya (Florensia, 2016). Ariany (2010) menyatakan tujuan dari metode analisis pertukaran waktu dan biaya (*Time Cost Trade Off Analysis*) ini adalah mempercepat waktu pelaksanaan proyek dan menganalisis sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan penambahan biaya minimum terhadap kegiatan yang bisa dipercepat kurun waktu pelaksanaannya sehingga dapat diketahui percepatan yang paling maksimum dan biaya yang paling minimum.

Proyek Pembangunan Gedung Convention Hall yang berlokasi di Kab. Deli Serdang ini dibangun oleh PT. Sige Sinar Gemilang sebagai pelaksana. Dengan nilai kontrak pekerjaan struktur sebesar Rp. 6.308.209.831, diatas lahan seluas 476 m², Pembangunan Gedung Convention Hall ditujukan untuk tempat pertemuan didaerah Kab. Deli Serdang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan permasalahan dari penelitian ini adalah:

1. Berapa total waktu dan biaya penyelesaian proyek setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan durasi kerja ?
2. Apa alternatif yang lebih ekonomis untuk menyelesaikan proyek ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, penelitian ini mempunyai tujuan untuk:

1. Menganalisa pelaksanaan proyek guna mengetahui total waktu dan biaya penyelesaian proyek setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan durasi kerja
2. Memilih alternatif yang memiliki biaya dan waktu yang lebih ekonomis untuk menyelesaikan proyek

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah, maka akan diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data berasal dari proyek Pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang
2. Penelitian hanya berfokus pada item pekerjaan strukur
3. Percepatan proyek menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja dan durasi kerja (lembur) selama 2 jam
4. Analisa harga satuan yang digunakan sesuai dengan proyek Pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang
5. Perhitungan penentuan pekerjaan kritis menggunakan metode PDM (*Precedence Diagram Method*) yang terdapat pada program *Microsoft Project*.
6. Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* dalam analisis percepatan proyek.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Sebagai sarana bagi peneliti untuk mengetahui efisiensi biaya dalam waktu tercepat untuk suatu proyek.
2. Sebagai gambaran umum dan masukan atau informasi kepada pihak – pihak yang terlibat dalam pembangunan konstruksi dalam menyusun rencana anggaran biaya atau pun tolak ukur dalam pengambilan keputusan sehingga proyek dapat berjalan sesuai rencana dan memberikan hasil yang maksimal.
3. Hasil penelitian ini dapat berguna sebagai referensi bagi upaya ilmu pembangunan, dan berguna juga untuk menjadi referensi bagi mahasiswa yang melakukan kajian terhadap waktu dan biaya dalam permasalahan keterlambatan dalam pengerjaan pembangunan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran secara garis besar pada setiap bab yang akan dibahas pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

BAB I: Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan manfaat penelitian.

BAB II: Kajian Pustaka

Diuraikan mengenai tinjauan-tinjauan kepustakaan yang berisi tentang teori-teori mengenai manajemen proyek, metode percepatan dan pemikiran-pemikiran yang digunakan sebagai landasan dalam pembahasan serta pemecahan permasalahan keterlambatan didalam pelaksanaan proyek.

BAB III: Metodologi Penelitian

Bab ini akan memuat apa dan bagaimana metode yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV: Pembahasan

Bab ini akan membahas hasil penelitian dan Analisa biaya dan waktu optimal pada proyek konstruksi yang dimaksudkan.

BAB V: Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini, dan saran-saran yang diharapkan dapat memperbaiki penelitian yang selanjutnya.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Induktif

Dalam penelitian ini, kajian literatur dilakukan untuk melihat bagaimana peneliti-peneliti terdahulu melakukan penelitian, masalah yang diangkat, metode yang digunakan, serta hasil penelitian guna memperoleh landasan penelitian yang kuat. Penelitian mengenai percepatan waktu penyelesaian proyek telah banyak dilakukan oleh pakar ataupun peneliti sebelumnya.

Pada penelitian ini untuk mencari jalur kritis menggunakan metode PDM (*Precedence Diagram Method*), dikarenakan ada kegiatan yang saling tumpang tindih (*overlapping*), metode PDM juga merupakan penyempurnaan dari metode CPM. Setelah itu dilakukan percepatan untuk item yang berada didalam jalur kritis dengan metode *crashing*, alternatif percepatan yang digunakan yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Dari kedua alternatif percepatan akan dipilih alternatif percepatan yang mempunyai total cost terendah. Untuk diperoleh hasil analisis percepatan proyek yang lebih efisien pada penelitian tersebut menggunakan metode *Time Cost Trade Off*.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Autor	Tahun	Judul	Tools	Hasil
1	Chabibah, Hartono, W. & Sugiyarto	2015	Penerapan <i>Time Cost Trade Off</i> Dalam Optimalisasi Biaya dan Waktu Terhadap Perbandingan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja	CPM (<i>Critical Path Method</i>), <i>Crashing</i> , <i>Analysis Time Cost Trade Off</i>	Hasil optimal yang sebaiknya dipilih untuk proyek Pembangunan Keluraan Ketelan Surakarta yaitu menggunakan percepatan dengan alternatif shift kerja yang produktivitasnya dua kali lipat

					dari produktivitas normal
2	Ardien Aslam Muhammad & Retno Indriyani	2015	Analisa <i>Time Cost Trade Off</i> Pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang	PDM (<i>Precedence Diagram Method</i>), <i>Crashing, Time Cost Trade Off Analysis</i>	Dari hasil penelitian menggunakan metode PDM proyek dapat dipercepat 26 hari dan menghasilkan biaya yang lebih minimal.
3	Ricky Arvianto, Fajar, S. H. & Setiono	2017	Optimasi Biaya dan Waktu Dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> (TCTO).	<i>Crashing, Alternatif</i> Penambahan Jam Kerja, Alternatif Penambahan Tenaga Kerja, dan <i>Time Cost Trade Off Analysis</i> .	Hasil Optimasi menunjukkan penambahan tenaga kerja pada Proyek Bangunan Gedung Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr. Moewardi Surakarta lebih efisien dibanding dengan menambah waktu lembur.

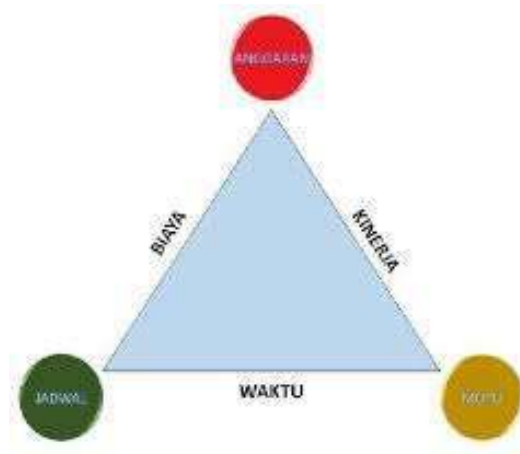
2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Manajemen Proyek

Manajemen adalah suatu ilmu tentang tata cara pengelolaan, perencanaan, pengorganisasian suatu kegiatan untuk mencapai sasaran yang efektif dan efisien. Dalam manajemen, diperlukan juga metode dan seni kepemimpinan untuk mengelola sumber daya yang ada. Hasil akhir dalam proses manajemen akan

berbeda satu sama lain karena perbedaan penerapan prinsip manajemen oleh suatu individu atau organisasi.

Dalam mencapai sasaran dan tujuan dari proyek yang telah ditentukan terdapat batasan-batasan dalam suatu proyek yaitu *Tripel Constraint* atau tiga batasan yang terdiri dari:



Gambar 2.1 Hubungan Antara Biaya, Waktu dan Mutu

1. Biaya/Anggaran (*Cost*)

Proyek harus diselesaikan sesuai dengan anggaran yang telah ditentukan. Untuk proyek yang membutuhkan anggaran dalam jumlah besar dengan kurun waktu penyelesaian sampai bertahun-tahun maka dibutuhkan proses perencanaan, pelaksanaan dan controlling yang sangat teliti dan matang agar bisa mendapatkan hasil yang optimal. Jika proses tersebut tidak dilakukan dengan benar maka akibatnya bisa saja proyek tersebut mengalami defisit atau kekurangan biaya bahkan bisa membuat proyek tersebut berhenti ditengah jalan.

2. Waktu/Jadwal (*Time*)

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu yang telah ditentukan dan tanggal akhir penyerahan berkas proyek tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

3. Mutu

Produk atau hasil dari proyek harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang telah dimaksudkan.

Dari segi teknis ukuran keberhasilan proyek yaitu sejauh mana ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi. Untuk itu harus ada pengaturan yang baik untuk memadukan ketiganya sesuai dengan yang diinginkan, yaitu dengan manajemen proyek.

Manajemen Proyek meliputi tiga fase (Haizer dan Rnder, 2005) yaitu:

1. Perencanaan

Fase ini meliputi penetapan sasaran, mendefinisikan proyek dan organisasi tim-nya.

2. Penjadwalan

Fase ini menghubungkan sumber daya manusia, uang dan material 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 mrengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

2.2.2 Tujuan Manajemen Proyek

Manajemen proyek memiliki tujuan tertentu. Tujuan manajemen proyek harus bisa dicapai saat pelaksanaan proyek supaya tujuan utama yaitu mencapai tujuan proyek secara efektif dan efisien dapat tercapai. Berikut tujuan-tujuan manajemen proyek:.

a. *On Time*

Penyelesaian suatu proyek sesuai dengan waktu yang ditentukan dan tidak terjadi keterlambatan.

b. Anggaran sesuai perencanaan

Penggunaan anggaran dalam proyek sesuai dengan rencana anggaran yang telah disusun dan tidak ada pemborosan dan biaya tambahan di luar rencana anggaran.

c. Kualitas sesuai dengan kriteria yang disyaratkan.

d. Keberjalanan kegiatan proyek berlangsung dengan lancar.

Oleh sebab itu manajemen proyek pada sebuah proyek konstruksi merupakan suatu hal yang tidak dapat diabaikan begitu saja, karena tanpa manajemen suatu proyek, konstruksi akan susah berjalan sesuai harapan baik berupa biaya, waktu maupun kualitas.

2.2.3 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan adalah penjabaran dari perencanaan proyek menjadi langkah-langkah urutan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan waktu yang ditentukan untuk mencapai tujuan proyek. (Nugraha et al., 1985) Penjadwalan itu menentukan kapan aktivitas pekerjaan harus dimulai, dihentikan, dan diselesaikan sehingga pembiayaan dan pemakaian sumber daya akan disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang telah ditentukan. Ada berbagai macam metode penjadwalan proyek untuk merencanakan secara grafis dari aktivitas pelaksanaan pekerjaan konstruksi, tetapi hanya dua metode yang sering digunakan yaitu:

1) Bagan Balok (Bar/Gantt chart)

Metode bagan balok diperkenalkan oleh H.L Gantt, dengan tujuan mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan urutan kegiatan yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian dan waktu pada saat pelaporan. Bagan balok mudah dibuat dan dipahami sehingga bermanfaat sebagai alat komunikasi di dalam pelaksanaan sebuah proyek.

Pembuatan bagan balok bisa menggunakan dua cara yaitu secara manual dan menggunakan komputer. Bagan ini tersusun dari koordinat sumbu X dan Y, di dalam koordinat sumbu X ditulis pekerjaan atau elemen atau paket kerja dari hasil penguraian lingkup suatu proyek dan digambarkan dengan bentuk balok.

Sedangkan pada koordinat sumbu Y tertulis satuan waktu misalkan hari, minggu atau bulan.

Penggunaan bagan balok didalam pelaksanaan proyek sangat terbatas karena mempunyai kelemahan seperti tidak menunjukkan hubungan ketergantungan secara spesifik antar kegiatan sehingga sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek, sulit untuk melakukan perbaikan atau pembaharuan (*updating*) karena umumnya harus membuat bagan balok baru, selain itu juga tidak cocok untuk proyek yang berskala sedang dan besar yang bersifat kompleks disebabkan karena kurangnya penyajian secara sistematis karena harus menyusun sedemikian besar jumlah kegiatan yang mencapai ribuan dan mempunyai ketergantungan atau keterkaitan antar kegiatannya.

2) Jaringan Kerja (*network planning*)

Jaringan kerja (*network planning*) pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan dalam diagram network. Dengan demikian dapat diketahui 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 atau suatu pekerjaan dimulai walaupun pekerjaan lain belum selesai. Berikut 3 metode yang menggunakan *network planning*:

a. Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method/ CPM*)

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972) CPM yaitu metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek dan merupakan salah satu metode yang menggunakan prinsip jaringan. Dengan CPM jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antar sumber daya yang digunakan.

Menurut Siswanto (2007) CPM adalah model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek untuk dianalisis. CPM merupakan analisa

jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

b. Teknik Evaluasi dan Review Proyek (PERT)

PERT atau *Project Evaluation and Review Technique* adalah sebuah model management science untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek (Siswanto, 2007). Bila CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan (Soeharto, 1995). Menurut Heizer dan Render (2005), dalam PERT digunakan distribusi peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan antara lain waktu optimis, waktu pesimis dan waktu realistis.

c. Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method/PDM*)

Metode Preseden Diagram (PDM) diperkenalkan oleh J.W Fondahl dari Universitas Stanford USA pada awal dekade 60-an. PDM adalah jaringan kerja yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian dummy pada PDM tidak diperlukan (Luthan & Syafriandi, 2005).

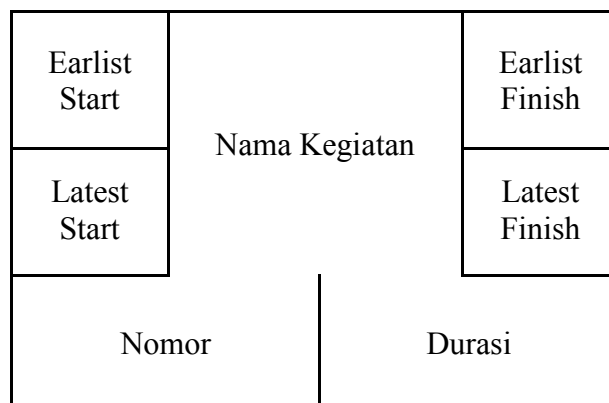
Dalam usaha pengelolaan proyek konstruksi selalu ingin mencari metode yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian untuk menghadapi sejumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah. Masing-masing metode mempunyai ciri-ciri sendiri dan dikombinasikan pada proyek-proyek konstruksi. Dasar pemikiran untuk metode-metode tersebut harus berorientasi pada maksud penggunaannya.

2.2.4 Metode Preseden Diagram (Precedence Diagram Method/PDM)

Metode preseden diagram atau *Precedence Diagram Method* (PDM) merupakan penyempurnaan dari CPM, karena pada prinsipnya CPM hanya menggunakan satu jenis hubungan aktifitas yaitu hubungan akhir awal dan sebuah

kegiatan dapat dimulai apabila kegiatan yang mendahuluinya selesai (Purnamawati, 2015). Pada PDM sebuah kegiatan dapat dikerjakan tanpa menunggu kegiatan pendahulunya selesai 100%, hal tersebut dapat dilakukan dengan cara tumpang tindih (*overlapping*).

Kegiatan dan peristiwa pada PDM ditulis dalam node kegiatan yang berupa segi empat karena letak kegiatan ada di bagian node sehingga sering disebut juga *Activity On Node* (AON) (Erviyanto, Wulfram I, 2002). Kotak-kotak segi empat tersebut menandai suatu kegiatan, dimana harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktunya. Sedangkan peristiwa merupakan ujung-ujung kegiatan. Setiap node memiliki dua peristiwa yaitu awal dan akhir. Kotak-kotak segiempat dalam Metode Preseden Diagram dibagi menjadi ruangan-ruangan kecil yang memberikan keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan dan dinamakan atribut. Beberapa atribut yang sering dicantumkan diantaranya adalah kurun waktu kegiatan, identitas kegiatan (nomor dan nama), dan terkadang pula dicantumkan progress pelaksanaan kegiatan yang dapat mempermudah dalam monitor. Dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:

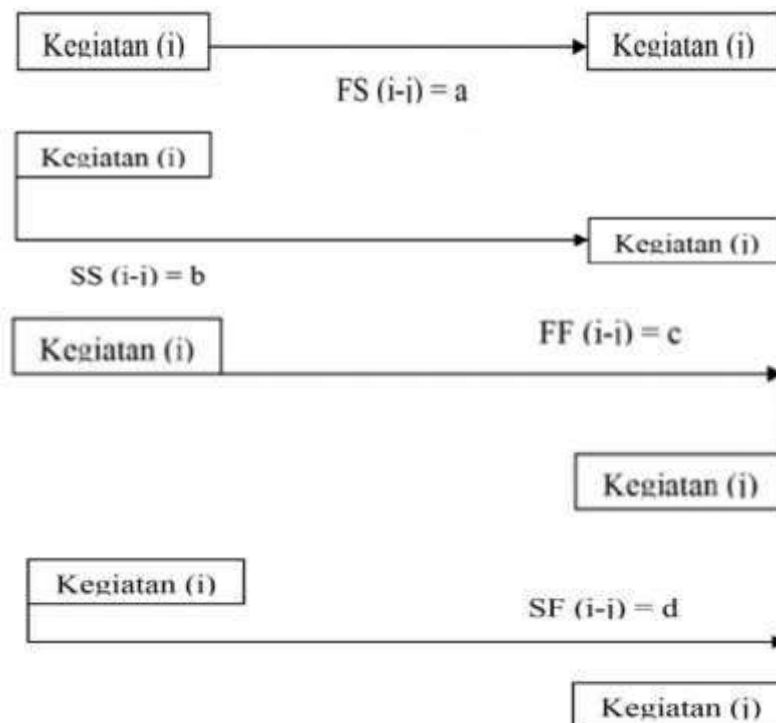


Gambar 2.2 Denah pada node kegiatan PDM

(Sumber: Iman Soeharto 1995)

Pada preseden diagram hubungan antar kegiatan berkembang menjadi beberapa kemungkinan berupa konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari node terdahulu ke node berikutnya. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node. Karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai (S) dan ujung akhir (F), maka ada empat macam

konstrains yaitu akhir ke awal (FS), awal ke awal (SS), akhir ke akhir (FF), dan awal ke akhir (SF). Pada garis konstrain dibubuhkan penjelasan mengenai waktu mendahului (lead) atau terlambat/ tertunda (lag). Bila kegiatan (i) mendahului kegiatan (j) dan satuan waktu adalah hari. Berikut konstrain yang terdapat pada metode preseden diagram pada gambar 2.3:



Gambar 2.3 Konstrain pada PDM

(Sumber : Soeharto, 1995)

Pada PDM dikenal 4 macam pembatasan (*constrain*), yaitu sebagai berikut:

1. *Finish to Start* (FS)

Finish to Start (FS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya.

2. *Start to Start* (SS)

Start to Start (SS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas sesudahnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu antar kedua aktivitas tersebut disebut lag.

3. *Finish to Finish (FF)*

Finish to Finish (FF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu dimulainya kedua aktivitas tersebut disebut lag. Jika $FF (i-j)=0$ artinya kedua aktivitas (i dan j) dapat selesai bersamaan.

4. *Start to Finish (SF)*

Start to Finish (SF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya.

Parameter yang digunakan dalam metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method – PDM*) menurut Soeharto (1995), sebagai berikut ini:

1. TE = E adalah waktu paling awal peristiwa (*node / event*) dapat terjadi (*Earliest Time of Occurance*).
2. TL = L adalah waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable Event / Occurance Time*).
3. ES, adalah waktu mulai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Start Time*).
4. EF, adalah waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Finish Time*).
5. LS, adalah waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (*Latest Allowable Start Time*).
6. LF, adalah waktu paling akhir kegiatan boleh selesai dimulai (*Latest Allowable Finish Time*).
7. D, adalah kurun waktu dari suatu kegiatan, yang pada umumnya dinyatakan dalam satuan waktu hari, minggu, bulan, dan lain-lain.

Rumusan yang digunakan untuk perhitungan waktu pada penyusunan rencana jaringan kerja dengan metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method-PDM*) adalah:

1. Perhitungan Maju

Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut:

- Menghasilkan ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- Diambil angka ES terbesar bila lebih satu kegiatan bergabung.

- Notasi (i) bagi kegiatan terdahulu (predecessor) dan (j) kegiatan yang sedang ditinjau.
- Waktu awal dianggap nol.

Rumusan perhitungan maju adalah sebagai berikut:

- Waktu mulai paling awal kegiatan yang sedang ditinjau ES (j), adalah sama dengan angka terbesar dari jumlah angka kegiatan yang terdahulu ES (i) atau EF (i) ditambah konstrain yang bersangkutan.
- Angka waktu selesai paling awal kegiatan yang sedang ditinjau EF (j), adalah sama dengan angka waktu mulai paling awal kegiatan tersebut ES (j), ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan D (j).

2. Perhitungan Mundur

Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut:

- Menentukan LS, LF dan kurun waktu float.
- Bila lebih dari satu kegiatan bergabung diambil angka LS terkecil.
- Notasi (i) bagi kegiatan yang sedang ditinjau sedangkan (j) adalah kegiatan berikutnya.

Rumusan perhitungan mundur adalah sebagai berikut:

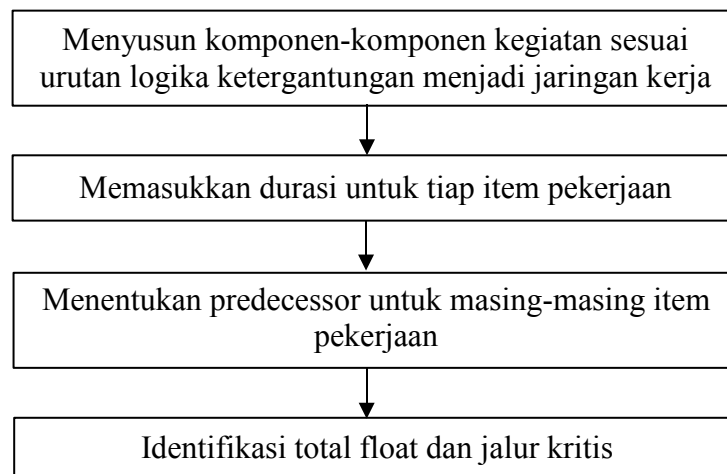
- Hitung LF (i), waktu selesai paling akhir kegiatan (i) yang ditinjau, yang merupakan angka terkecil dari jumlah kegiatan LS dan LF ditambah konstrain yang bersangkutan.
- Waktu mulai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau LS (i), adalah sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan LF (i), dikurangi kurun waktu yang bersangkutan.

2.2.5 Microsoft Office Project

Microsoft Office Project adalah suatu software manajemen proyek berupa program perangkat yang dirancang untuk membantu manajer proyek dalam menentukan hubungan antar item pekerjaan (*network diagram*), menentukan total float, menentukan jalur kritis, mengembangkan rencana, menetapkan sumber daya untuk tugas-tugas, pelacakan kemajuan, mengelola anggaran dan menganalisis

beban kerja (Expertindo, 2018) Kemudahan penggunaan dan keleluasaan lembar kerja serta cakupan unsur-unsur proyek menjadikan *software* ini sangat mendukung proses administrasi sebuah proyek.

Dalam penelitian ini, menggunakan *Microsoft Office Project* yang digunakan untuk membuat *network planning*, mencari total float dan menentukan lintasan kritis pada aktivitas kegiatan proyek Pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang. Dimulai dari *setting* pada calendar kemudian *input* durasi dan predesesor tiap kegiatan, barulah dapat diketahui lintasan kritis yang nantinya akan diidentifikasi dalam perhitungan kenaikan biaya akibat percepatan (*cost slope*). Berikut adalah langkah-langkah penyusunan jaringan kerja pada *Microsoft Office Project*:



Gambar 2.4 Ringkasan langkah-langkah menyusun jaringan kerja dan menentukan jalur kritis pada Microsoft office project

2.2.6 Biaya Proyek

Komponen biaya total proyek biasanya terdiri dari dua komponen, yaitu:

a) Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya Langsung (*Direct Cost*) adalah biaya tetap selama proyek berlangsung yang menjadi komponen permanen hasil proyek. Biaya langsung diperoleh dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan (*Unit price*).

b) Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tak langsung (*Indirect Cost*) adalah biaya tidak tetap selama proyek berlangsung yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek. Yang termasuk biaya tak langsung adalah biaya manajemen proyek, gaji bagi tenaga kerja administrasi, ATK, keperluan air dan listrik, keuntungan/profit. Biaya tak langsung nilainya bergantung terhadap waktu di mana semakin lama waktu pekerjaan proyek maka biaya tak langsung akan semakin besar.

2.2.7 Alternatif Percepatan

Alternatif percepatan didalam pelaksanaan pembangunan proyek sering dilakukan. Dimiyati, H (2014) menjelaskan ada dua alasan kenapa percepatan didalam pembangunan proyek konstruksi dilakukan. Pertama karena keinginan dari pihak owner agar proyek dapat diselesaikan sebelum batas akhir waktu penyelesaian proyek. Kedua karena didalam pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan waktu atau progres maka percepatan harus dilakukan. Ada beberapa alternatif optimalisasi waktu dan biaya penyelesaian proyek (percepatan) yang dapat dilakukan (Priyo & Aulia, 2015) seperti :

1) Penggantian atau penambahan peralatan

Asumsi yang digunakan pada alternatif percepatan dengan penggantian atau penambahan peralatan adalah bahwa peralatan yang ada jumlahnya kurang atau peralatan tersebut sudah kurang bisa untuk mendukung penyelesaian proyek dengan waktu yang telah ditentukan sehingga harus diganti.

2) Penggantian atau Perbaikan Metode Kerja

Penggantian atau perbaikan metode kerja dilakukan bila metode yang sudah dilakukan terlalu terlambat atau tidak efisien.

3) Penambahan Tenaga Kerja

Untuk menyelenggarakan proyek, salah satu sumber daya yang menjadi faktor penentu keberhasilannya adalah tenaga kerja. Penyediaan jumlah tenaga kerja, jenis ketrampilan, dan keahlian harus mengikuti tuntutan perubahan kegiatan yang sedang berlangsung. Berdasarkan pada kenyataan tersebut, maka

suatu perencanaan tenaga kerja proyek yang menyeluruh dan terperinci harus meliputi perkiraan jenis dan keperluan tenaga kerja, seperti tenaga ahli dari berbagai disiplin ilmu dan pekerja lapangan untuk tahap konstruksi

4) Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Mempercepat waktu pelaksanaan suatu kegiatan dengan penambahan jam kerja atau kerja lembur merupakan salah satu usaha untuk menambah produktivitas kerja sehingga dapat mempercepat waktu pelaksanaan suatu kegiatan.

2.2.7.1 Alternatif Percepatan dengan Penambahan Tenaga Kerja

Untuk menganalisis hubungan antara biaya dengan waktu suatu kegiatan, dipakai beberapa istilah yaitu : kurun waktu normal / *Normal Duration*, kurun waktu yang dipersingkat / *crash duration*, biaya normal / *Normal cost*, dan Biaya untuk waktu dipersingkat / *Crash cost*.

Untuk menentukan jumlah tenaga kerja (*resource*) yang akan ditambahkan dibutuhkan nilai produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan yang akan dilakukan percepatan (*crashing*).

1. Perhitungan Biaya Normal (*Normal Cost*)

a. Menghitung Koefisien Bahan

$$\text{Koefisien bahan} = \frac{\text{Biaya bahan}}{\text{Biaya bahan dan upah}} \quad (2.1)$$

b. Menghitung Total *Normal Cost* Bahan

$$\text{Total Normal Cost} = \text{Koef. Bahan} \times \text{Normal cost} \times \text{Vol. Pekerjaan} \quad (2.2)$$

c. Menghitung Koefisien Upah

$$\text{Koefisien upah} = \frac{\text{Biaya upah}}{\text{Biaya bahan dan upah}} \quad (2.3)$$

d. Menghitung Total *Normal Cost* Upah

$$\text{Total Normal Cost} = \text{Koef. Upah} \times \text{Normal cost} \times \text{Vol. Pekerjaan} \quad (2.4)$$

2. Analisis Produktifitas Tenaga Kerja

a. Menentukan Kapasitas Kerja per Hari

$$\text{Kapasitas kerja} = \frac{1}{\text{Biaya bahan dan upah}} \quad (2.5)$$

b. Menentukan Jumlah Indeks Tenaga Kerja/Hari

$$\text{Jlh. Indeks Tenaga Kerja} = \frac{\text{Jumlah Indeks Tenaga Kerja}}{\text{Jumlah Indeks Tenaga Kerja}} \quad (2.6)$$

c. Menghitung *Cost Normal*

$$\text{Harga upah} = \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{Harga satuan tenaga kerja} \quad (2.7)$$

$$\text{Cost Normal} = \text{Jumlah harga upah} \times \text{durasi normal} \quad (2.8)$$

3. Perhitungan Biaya dan Durasi Percepatan

a. Menentukan durasi *crashing*

$$\text{Durasi pekerjaan crashing} = \frac{\text{Durasi pekerjaan normal}}{\text{Durasi pekerjaan normal}} \quad (2.9)$$

b. Menentukan biaya tambahan dan upah tenaga kerja

a) Upah pekerja

$$\text{Pekerja} = \text{Upah normal/hari} \times \text{tenaga kerja setelah ditambah} \quad (2.10)$$

$$\text{Cost crash} = \text{Jumlah upah} \times \text{durasi crash} \quad (2.11)$$

b) *Cost Slope*

$$\text{Cost Slope/hari} = \frac{\text{Cost crash} - \text{Cost normal}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi crash}} \quad (2.12)$$

$$\text{Cost Slope Total} = \text{Cost slope/hari} \times (\text{durasi norma} - \text{durasi crash}) \quad (2.13)$$

2.2.7.2 Alternatif Percepatan dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Jika jam per hari bertambah, maka pekerja terindikasi penurunan produktivitas dan perlu diketahui nilai penurunan produktivitasnya. Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut.

Dalam KEPMEN No. 102 Tahun 2004 Pasal 11 tertulis cara perhitungan upah kerja lembur sebagai berikut:

a. Apabila kerja lembur dilakukan pada hari kerja:

a.1. Untuk jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah sejam;

a.2. Untuk setiap jam kerjalembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 (dua) kali upah sejam.

b. Apabila kerja lembur dilakukan pada hari istirahat mingguan dan/atau hari libur resmi untuk waktu kerja 6 (enam) hari kerja 40 (empat puluh) jam seminggu maka:

- b.1. Perhitungan upah kerja lembur untuk 7 (tujuh) jam pertama dibayar 2 (dua) kali upah sejam, dan jam kedelapan dibayar 3 (tiga) kali upah sejam dan jam lembur kesembilan dan kesepuluh dibayar 4 (empat) kali upah sejam.
- b.2. Apabila hari libur resmi jatuh pada hari kerja terpendek perhitungan upah lembur 5 (lima) jam pertama dibayar 2 (dua) kali upah sejam, jam keenam 3 (tiga) kali upah sejam dan jam lembur ketujuh dan kedelapan 4 (empat) kali upah sejam.
- c. Apabila kerja lembur dilakukan pada hari istirahat mingguan dan/atau hari libur resmi untuk waktu kerja 5 (lima) hari kerja dan 40 (empat puluh) jam seminggu, maka perhitungan upah kerja lembur untuk 8 (delapan) jam pertama dibayar 2 (dua) kali upah sejam, jam kesembilan dibayar 3 (tiga) kali upah sejam dan jam kesepuluh dan kesebelas 4 (empat) kali upah sejam.

1. Perhitungan penurunan produktivitas

a. Produktivitas Harian = $\frac{\text{Produksi}}{\text{Waktu Kerja}}$ (2.14)

b. Produktivitas per jam = $\frac{\text{Produksi}}{\text{Waktu Kerja} + \text{Penambahan Waktu}}$ (2.15)

1) Produktivitas sesudah *crash* (penambahan 1 jam)

Produktivitas 1 jam = Prod. Harian + (1 x Prod./jam x 90%) (2.16)

2) Produktivitas sesudah *crash* (penambahan 2 jam)

Produktivitas 2 jam = Prod. Harian + (2 x Prod./jam x 80%) (2.17)

3) Produktivitas normal 3 jam

Produktivitas 3 jam = Prod. Harian + (3 x Prod./jam x 75%) (2.18)

2. Durasi *Crash*

Durasi *crash* dilakukan untuk mengetahui durasi yang didapat jika dilakukan lembur. Perhitungan tersebut menggunakan rumus berikut :

a. *Crash duration* (penambahan 1 jam)

$$Crash\ duration = \frac{D_{normal} + 1}{D_{normal} \cdot \frac{C_{crash}}{C_{normal}}} \quad (2.19)$$

b. *Crash duration* (penambahan 2 jam)

$$Crash\ duration = \frac{D_{normal} + 2}{D_{normal} \cdot \frac{C_{crash}}{C_{normal}}} \quad (2.20)$$

c. *Crash duration* (penambahan 3 jam)

$$Crash\ duration = \frac{D_{normal} + 3}{D_{normal} \cdot \frac{C_{crash}}{C_{normal}}} \quad (2.21)$$

3. Biaya *Crash*

Lembur 2 jam

$$1) \text{ Upah normal/jam} = \frac{C_{normal}}{D_{normal}} \quad (2.22)$$

$$2) \text{ Upah lembur 2 jam} = (1,5 \times \text{upah/jam}) + (2 \times \text{upah/jam}) \quad (2.23)$$

$$3) \text{ Upah lembur/hari} = \text{Upah normal/hari} + \text{Upah lembur 2 jam} \quad (2.24)$$

$$4) \text{ Crash cost} = \text{Jlh pekerja} \times \text{durasi lembur} \times \text{biaya lembur/hari} \quad (2.25)$$

$$5) \text{ Cost slope/hari} = \frac{C_{crash} - C_{normal}}{D_{normal} - D_{crash}} \quad (2.26)$$

$$6) \text{ Cost slope total} = \text{Cost slope/hari} \times (\text{durasi normal} - \text{durasi crash}) \quad (2.27)$$

Keterangan :

1. *Normal Duration* (durasi normal)

Normal Duration adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktifitas atau kegiatan dengan sumber daya normal yang ada tanpa adanya biaya tambahan lain dalam sebuah proyek.

2. *Crash Duration* (durasi dipercepat)

Crash duration adalah waktu yang akan dibutuhkan suatu proyek dalam usahanya mempersingkat waktu yang durasinya lebih pendek dari normal duration.

3. *Normal Cost* (biaya normal)

Biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam waktu normal. Perkiraan biaya ini adalah pada saat perencanaan dan penjadwalan bersamaan dengan penentuan waktu.

4. *Crash Cost* (biaya dipercepat)

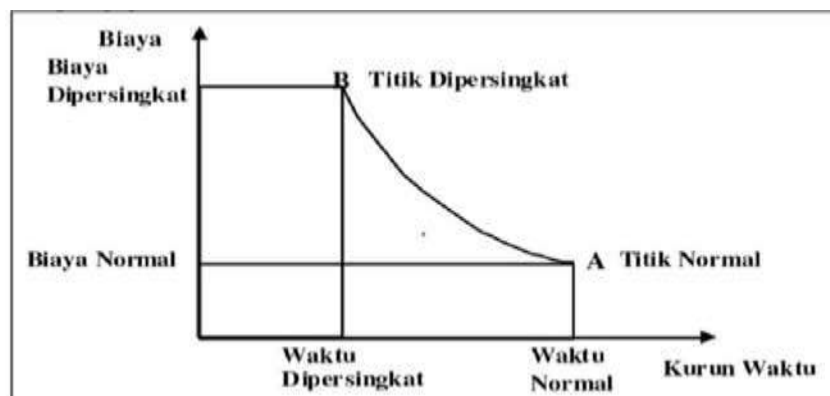
Biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam jangka waktu sebesar durasi crash-nya. Biaya setelah di crashing akan lebih besar dari biaya normal.

5. *Cost Slope* (biaya akibat percepatan)

Pertambahan biaya akibat percepatan pada proyek.

2.2.8 Mempersingkat Waktu Penyelesaian Proyek (Akselerasi/ *Crashing*)

Crashing merupakan tindakan untuk mengurangi durasi keseluruhan pekerjaan setelah menganalisa alternatif-alternatif yang ada dari jaringan kerja, bertujuan untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan biaya terendah (Taufiqur Rahman,2013:1) dikutip oleh (Fika Giri, 2017). Seringkali dalam crashing terjadi trade-off, yaitu pertukaran waktu dengan biaya. Hal ini dapat digambarkan dalam bentuk grafik waktu-biaya seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan

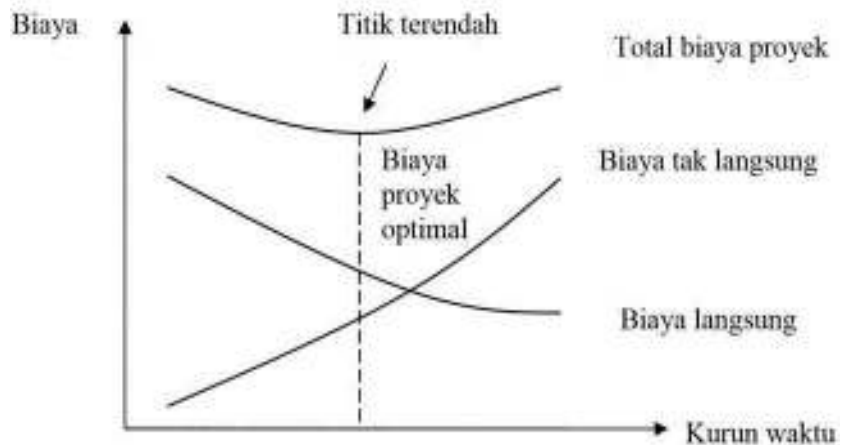
(Sumber: Soeharto, 1995)

Gambar 2.5 menunjukkan hubungan antara durasi-biaya, pada titik A memberikan informasi tentang biaya yang dibutuhkan dalam kondisi minimum, tetapi durasinya maksimum (waktu paling lambat). Pada keadaan titik A disebut dengan biaya normal (*normal cost*) dan waktu normal (*normal duration*). Pada titik B memberikan informasi bahwa pada titik tersebut durasi berada pada waktu paling cepat sedangkan biaya yang dibutuhkan pada kondisi maksimum. Pada keadaan demikian titik B disebut waktu dipersingkat (*crash duration*) dan biaya waktu dipersingkat (*crash cost*). Garis penghubung antara titik-titik ini dihubungkan oleh garis-garis dan dalam keadaan normal berupa kurva-biaya dari suatu kegiatan yang dihubungkan oleh segmen-segmen garis yang dapat berfungsi untuk menganalisis kegiatan apa yang masih layak untuk diadakan *crashing*. Cara yang digunakan adalah meninjau *slope* (kemiringan) dari masing-masing segment garis yang dapat memberikan identifikasi mengenai pengaruh biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian suatu proyek.

Durasi *crashing* maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Soeharto, 1995). Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja.

2.2.9 Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek adalah penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tak langsung yang digunakan selama pelaksanaan proyek. Besarnya biaya ini sangat tergantung oleh lamanya waktu (durasi) penyelesaian proyek, kedua-duanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tapi pada umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi komulatif biaya tak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1995). Pada Gambar 2.6 ditunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



Gambar 2.6 Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung dan biaya tidak langsung.

(Sumber: Soeharto 1995)

Hubungan semacam ini disebabkan karena setiap percepatan durasi proyek membutuhkan tambahan biaya langsung yang digunakan untuk menambah tingkat produktivitas kerja, menambah peralatan, mengganti metode kerja dan lain-lain. Disisi lain terjadi pengurangan biaya tidak langsung yang disebabkan oleh pengurangan durasi total proyek. Antara waktu penyelesaian proyek normal dan dipercepat mengakibatkan perubahan terhadap biaya total proyek.

2.2.10 Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off Analisis*)

Time Cost Trade Off Analisis (TCTO) adalah metode analisis yang digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan cara kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), dan biaya (Florensia, 2016). Tujuannya adalah memampatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalisasi biaya total proyek. Pengurangan durasi proyek dilakukan dengan memilih aktivitas yang berada pada jalur kritis.

Menurut Ervianto (2004) pengertian metode *Analisis 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. Kompresi terus dilakukan sampai lintasan kritis mempunyai aktivitas-aktivitas yang telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin dikompres lagi). Dari uraian di atas maka garis besar prosedur mempersingkat waktu adalah sebagai berikut (Soeharto, 1995):

1. Menghitung waktu penyelesaian proyek, identifikasi float dan tentukan lintasan kritis dengan metode penjadwalan / jaringan kerja yang digunakan.
2. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
3. Menentukan biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
4. Menghitung *cost slope* masing-masing komponen kegiatan.
5. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *cost slope* biaya terendah.
6. Setiap kali selesai mempercepat kegiatan, teliti kemungkinan adanya float yang mungkin dapat dipakai untuk mengulur waktu kegiatan yang bersangkutan untuk memperkecil biaya.
7. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepat kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi *cost slope* terendah.
8. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik proyek dipersingkat (TPD).

9. Buat tabulasi biaya versus waktu, gambarkan dalam grafik dan hubungan titik normal (biaya dan waktu normal), titik yang terbentuk tiap kali mempersingkat kegiatan, sampai dengan titik TPD (Titik Proyek Dipersingkat).
10. Hitung biaya langsung dan biaya tidak langsung proyek dan gambarkan pada grafik di atas.
11. Jumlahkan biaya biaya tak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu yang diinginkan.
12. Periksa pada grafik biaya total untuk mencapai waktu optimum yaitu kurun waktu penyelesaian proyek dengan biaya terendah (Soeharto, 1995).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Nama	= Pembangunan Gedung Convention Hall Kab.Deli Serdang
Alamat	= Jln Medan – Tebing Tinggi, Tj.Garbus 1,Kecamatan Lubuk Pakam,Kab Deli Serdang ,Sumatera Utara .
Pemilik	= Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)
Kontraktor	= PT. Sige Sinar Gemilang
Konsultan	= CV Rekayasa Utama Konsultan
Tanggal Kontrak	= 19 Oktober 2020

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah cara untuk peneliti mendapatkan waktu dan biaya yang optimal. Metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu.

Dalam penelitian ini membahas pada pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang. Pada penelitian ini membahas tentang percepatan untuk mendapatkan waktu dan biaya yang optimal. Disini membahas tentang hubungan antara waktu dan biaya optimum agar pekerjaan dapat terlaksana tepat waktu atau

lebih cepat dengan biaya yang optimum dengan menggunakan metode percepatan *Time Cost Trade Off*.

3.3 Mengadakan Studi Literatur Sebagai Dasar Penyusunan Tugas Akhir

Literatur yang dipakai dapat digunakan sebagai penunjang dan landasan teori dalam mengevaluasi pekerjaan, antara lain meliputi :

1. Proses penjadwalan (*scheduling*) untuk mengetahui waktu (durasi) pelaksanaan proyek.
2. Perhitungan anggaran proyek, baik biaya langsung atau tidak langsung.
3. Penggunaan analisa waktu dan biaya untuk mengetahui pengaruh percepatan waktu terhadap biaya.
4. Menganalisa pertukaran nilai waktu dan biaya dengan system penekanan jalur kritis.

3.4 Pengumpulan Data

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data-data yang diambil dari proyek Pembangunan Gedung Convention Hall Kab.Deli Serdang. Adapun data-data yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Gambar perencanaan proyek.
2. *Time schedule* proyek
3. Rencana anggaran biaya (RAB) dan Analisa harga satuan

Adapun tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data sekunder
2. Penyusunan jaringan kerja
Langkah-langkah penyusunan jaringan kerja yaitu:
 - a. Memilih pekerjaan struktur yang ada pada *Time schedule*
 - b. Menentukan kegiatan yang saling berkaitan dan kegiatan yang mendahului kegiatan yang lainnya (*predecessors*)
 - c. Menyusun durasi normal dari setiap kegiatan
 - d. Membuat diagram dengan menggunakan *Microsoft Project* untuk mengetahui lintasan kritis dan *non-kritis*

3. Menghitung jumlah pekerja dan biaya dalam keadaan normal
4. Menghitung produktivitas tenaga kerja secara normal
5. Melakukan percepatan durasi pada pekerjaan kritis yang mengalami keterlambatan dan menghitung *crash cost* dan *crash duration* dengan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja (1 orang) dan penambahan durasi kerja (lembur) selama 2 jam.
6. Membandingkan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah dipercepat untuk mengetahui alternatif yang lebih ekonomis.

3.5 Metode analisa data

Dalam melakukan percepatan terhadap waktu dengan melakukan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur), sehingga produktivitas tenaga kerja menjadi meningkat. Adapun penerapan TCTO memerlukan perhitungan *crash duration* dan *crash cost*. Untuk menghitung *crash cost* dan *crash duration* maka perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

3.5.1 Penyusunan Network Diagram

Penyusunan *network diagram* berdasarkan durasi tiap-tiap pekerjaan, analisa durasi dihitung dari kemampuan produksi dari peralatan maupun pekerja.

Ada beberapa langkah dalam penyusunan *network diagram* antara lain:

- a. Menguraikan setiap aktivitas, bila terdapat overlap atau pengerjaannya yang bersamaan pada suatu aktivitas dengan aktivitas yang lainnya maka aktivitas itu dibagi menjadi beberapa kegiatan sesuai dengan overlapnya.
- b. Menentukan kegiatan yang mendahului kegiatan yang lainnya
- c. Menyusun durasi tiap-tiap aktivitasnya berdasarkan data penjadwalan masing-masing kegiatan
- d. Menyusun Preceden Diagram Method sesuai dengan urutan kegiatannya disertai dengan elemen-elemen waktu pendukungnya
- e. Menentukan lintasan kritis

3.5.2 Penerapan Crashing

Perhitungan *crash cost* dan *crash duration* menggunakan alternatif percepatan yaitu penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur), alternative tersebut dipilih untuk diterapkan, sehingga mendapatkan biaya dan waktu yang paling optimum.

3.5.3 Penerapan Analisa Pertukaran Waktu dan Biaya

Setelah mengetahui kegiatan yang berada pada lintasan kritis, maka dapat dilakukan analisa pertukaran waktu dan biaya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan *normal cost* upah/jam untuk semua kegiatan. *Normal cost* upah/hari diperoleh dari perhitungan RAB, sedangkan *Normal cost* upah/jam diperoleh dari *Normal cost* upah/hari dibagi 8(delapan) jam. *Normal cost* upah/jam akan digunakan dalam perhitungan *crash cost*.
2. Menentukan *crash duration* dan *crash cost* kegiatan Setelah dilakukan *crashing* dengan menggunakan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur), maka diperoleh *produktivitas crash*. *Produktivitas crash* digunakan untuk menghitung *crash duration*, yaitu dengan cara *volume* pekerjaan dibagi *produktivitas crash*. *Crash cost* diperoleh dari harga satuan pekerja dikali *produktivitas crash*.
3. Perhitungan *cost slope* untuk aktivitas, *Cost slope* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Cost\ Slope = \frac{Cost\ Crash - Normal\ Cost}{Crash\ Duration - Normal\ Duration}$$

4. Perhitungan *cost slope* terendah pada aktivitas kritis
5. Melaksanakan *TCTO* dengan bantuan program computer sehingga menghasilkan output berupa waktu, *crash cost*/hari, *crash by* dan *crashing cost* setelah percepatan.
6. Menentukan waktu dan biaya

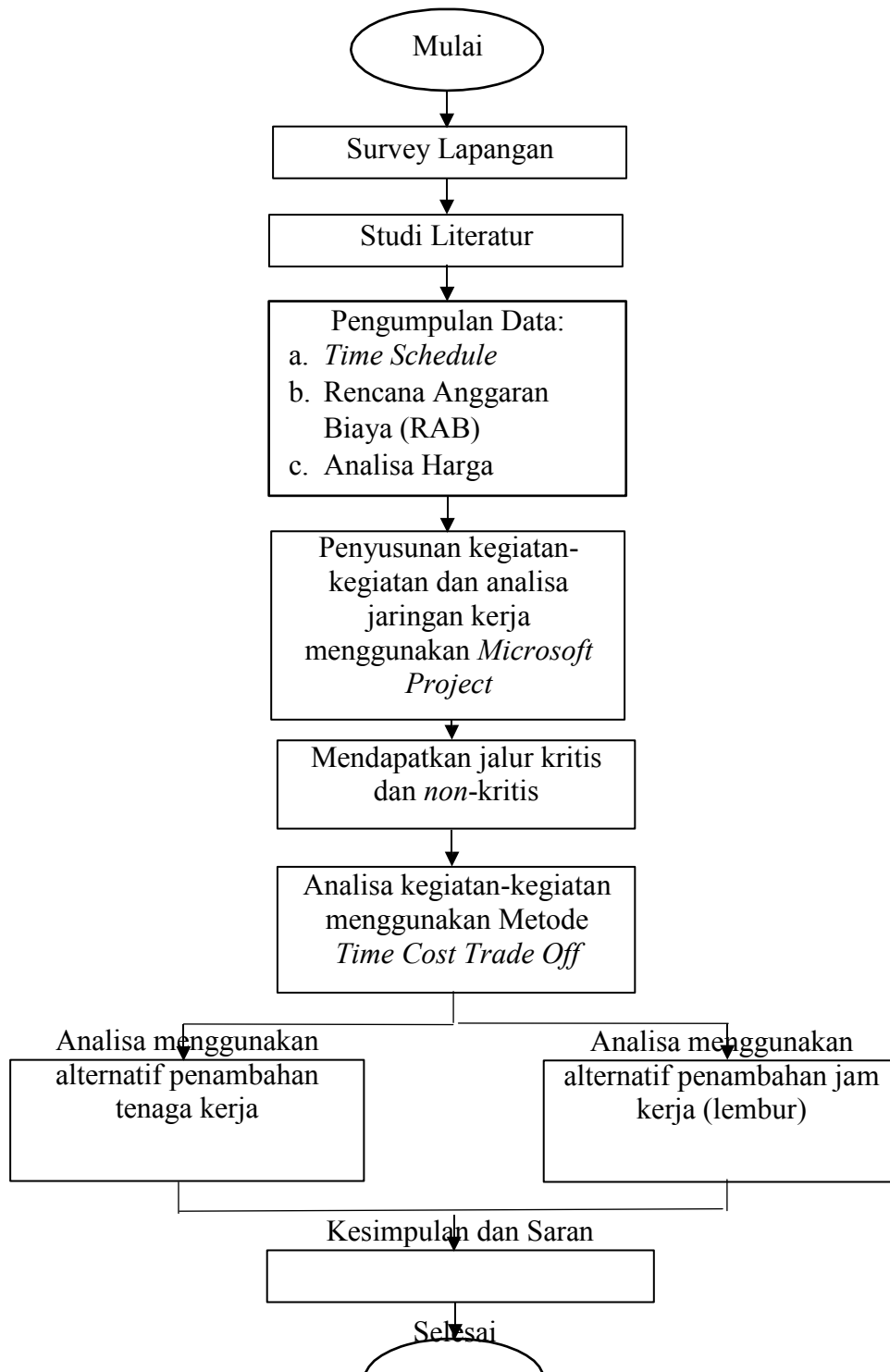
Output ditabelkan dan ditambahkan biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk mendapatkan total biaya proyek setelah percepatan dengan alternative penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur).

Selanjutnya dibuat grafik perbandingan antara total biaya normal, penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur). Dari grafik dapat diketahui berapa besarnya total biaya dan waktu optimum penyelesaian pekerjaan struktur.

3.5.4 Mengevaluasi Hasil Analisa TCTO

Setelah dilakukan analisa TCTO maka didapatkan *output* berupa beberapa waktu dan biaya proyek yang baru. Dari penambahan tenaga kerja dan penambahan tenaga kerja maka penyelesaian proyek yang baru, dipilih waktu penyelesaian proyek yang optimum dengan biaya yang minimum.

3.6 Diagram Penelitian



Gambar 3.2 Kerangka Penelitian