

ANALISIS NETWORK PLANNING DENGAN CPM (CRITICAL PATH METHOD) DALAM RANGKA EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA PROYEK

Sugiyarto¹⁾, Siti Qomariyah²⁾, Faizal Hamzah³⁾

^{1),2)} Pengajar, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Mahasiswa, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126 Telp: 0271-634524.

Email : xsmile_adehf@yahoo.com

Abstract

CPM (*Critical Path Method*) is one of network planning methods are oriented at the time that led to the determination of project scheduling and time estimation are deterministic / definite. Research objectives with this method is to determine the time and cost of the project and to find out what activities are included in the critical activities. In addition, to control and coordinate the various activities in a project so that the work can be completed in a timely manner and can also help the company in organizing the planning and control of project time and cost efficient. With the use of the CPM method produces a critical path with 18 activities and two S curves is to schedule the earliest and at the latest. The calculation of the CPM method takes 135 days at a cost of Rp. 979.239.000,- while the calculations performed by CV. Catur Tunggal takes 150 days at a cost of Rp. 1.001.454.000,-. Based on CPM method saves time project completion 15 days (10%) and cost of Rp. 22.215.000,-.

Keywords: Project Management, Network Analysis, CPM, Critical Path, Time and Cost Efficiency Project, Curve S.

Abstrak

CPM (*Critical Path Method*) adalah salah satu metode *network planning* yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan penjadwalan proyek dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti. Tujuan penelitian dengan metode ini adalah untuk menentukan waktu dan biaya proyek serta mengetahui kegiatan apa saja yang termasuk dalam kegiatan kritis. Selain itu juga untuk mengontrol dan mengkoordinasi berbagai kegiatan sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan juga dapat membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek dengan waktu dan biaya yang lebih efisien. Dengan penggunaan metode CPM ini menghasilkan satu jalur kritis dengan 18 kegiatan dan dua kurva S yaitu untuk jadwal kegiatan paling awal dan paling lambat. Hasil perhitungan dengan metode CPM membutuhkan waktu 135 hari dengan biaya Rp. 979.239.000,- sedangkan perhitungan yang dilakukan oleh CV. Catur Tunggal membutuhkan waktu 150 hari dengan biaya Rp. 1.001.454.000,-. Berdasarkan metode CPM menghemat waktu penyelesaian proyek 15 hari (10%) dan biaya sebesar Rp. 22.215.000,-.

Kata Kunci: Manajemen Proyek, Analisa *Network*, CPM, Jalur Kritis, Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek, Kurva S.

PENDAHULUAN

Banyaknya perusahaan kontraktor yang berdiri dan bermunculan mengakibatkan persaingan antar perusahaan untuk mendapatkan proyek semakin terasa sehingga mendorong setiap perusahaan untuk dapat lebih meningkatkan potensi sumberdaya yang mereka miliki. Salah satu hal dalam persaingan tersebut adalah bersaing dalam segi waktu dan biaya produksi. Dalam hal waktu dan biaya produksi, perusahaan harus bisa seefisien mungkin dalam penggunaan waktu pada setiap kegiatan atau aktivitas, sehingga biaya dapat diminimalkan dari rencana anggaran biaya semula. Perencanaan kegiatan proyek merupakan masalah yang sangat penting karena perencanaan kegiatan merupakan dasar untuk proyek bisa berjalan dan agar proyek yang dilaksanakan dapat selesai dengan waktu yang optimal dan efisien.

Pada pembangunan sebuah gedung atau yang lainnya perlu adanya penanganan manajemen penjadwalan kerja yang baik, karena itu perlu adanya perhitungan yang cermat dan teliti. Suatu proyek dikatakan baik jika penyelesaian proyek tersebut efisien dari segi waktu dan biaya serta mempertinggi efisiensi kerja baik sumber daya manusia maupun alat (Badri, 1997:14). Dalam rangka menentukan waktu dan biaya pelaksanaan proyek, maka diperlukan adanya suatu alternatif pemecahan masalah waktu dan biaya terhadap penjadwalan pelaksanaan proyek yang dimaksudkan untuk mengoptimalkan jangka waktu penyelesaian proyek dan meminimalkan total biaya proyek. Salah satu alternatifnya yaitu analisis *network planning* dengan metode CPM (*Critical Path Method*). Metode ini dapat dipakai untuk mengontrol dan mengkoordinasi berbagai kegiatan dalam suatu pekerjaan sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan juga dapat membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek dengan waktu dan biaya yang lebih efisien. Dari penelitian analisis *network planning* dengan metode CPM ini diharapkan pada perencanaan penjadwalan pelaksanaan proyek dapat memperoleh waktu dan biaya pelaksanaan proyek yang lebih efisien.

TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen merupakan ilmu dan seni mengatur proses pemanfaatan sumber daya manusia dan sumber-sumber lainnya secara efektif dan efisien untuk mencapai satu tujuan. (Mulayu S.P. Hasibuan, 2000:2).

Proyek adalah setiap pekerjaan yang memiliki kegiatan awal dan memiliki kegiatan akhir, dengan kata lain setiap pekerjaan yang dimulai pada waktu tertentu dan direncanakan selesai atau berakhir pada waktu yang telah ditetapkan. (Yamit; 2000:296). Manajemen proyek adalah kegiatan merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan dan mengendalikan sumber daya organisasi perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu tertentu dengan sumber daya tertentu. (Budi santoso; 2003:3)

Dalam proses untuk mencapai tujuan proyek terdapat batasan yang harus dipenuhi biaya atau anggaran, waktu atau jadwal, serta kualitas atau mutu. Tiga hal tersebut merupakan parameter penting dalam penyelenggaraan suatu proyek dan sering disebut juga *triple constrain*. *Triple constrain* tersebut yaitu:

1. Biaya atau anggaran

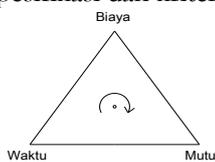
Suatu proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak boleh melebihi anggaran. Proyek berskala besar dan proses pelaksanaannya bertahun-tahun, biayanya tidak hanya ditentukan dalam total proyek, akan tetapi terbagi atas bagian-bagian atau periode tertentu yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Dengan demikian penyelesaian bagian-bagian proyek harus memenuhi sasaran anggaran perperiode.

2. Waktu atau jadwal

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu yang telah ditentukan dan penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

3. Kualitas atau mutu

Hasil kegiatan atau produk harus memenuhi spesifikasi dan kriteria mutu yang telah dipersyaratkan.



Gambar 1. Hubungan *triple constrain* (Iman Soeharto, 1997:3)

Tiga batasan tersebut diatas bersifat saling bersangkutan dan saling tarik-menarik. Jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah ditentukan, maka secara umumnya harus diikuti dengan meningkatkan mutu. Hal ini selanjutnya berakibat pada naiknya biaya sehingga melebihi anggaran. Sebaliknya jika ingin menekan atau memperkecil biaya, maka biasanya harus memperhatikan jadwal atau waktu dan mutu juga.

Jaringan kerja (*Network Planning*)

Jaringan kerja merupakan salah satu metode yang menjelaskan hubungan antara kegiatan dan waktu yang secara grafis mencerminkan urutan rencana kegiatan atau pekerjaan proyek. (Imam Soeharto; 1990:63). Jaringan kerja pada dasarnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan orang digeser ketempat lain demi efisiensi.

CPM (*Critical Path Method*)

CPM adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti. Menurut Srivastava (1995:663).

Jalur Kritis

Jalur kritis itu sendiri merupakan jalur yang memiliki waktu terpanjang dari semua jalur yang dimulai dari peristiwa awal hingga peristiwa yang terakhir. (Yamit; 2000:301). Kegunaan jalur kritis tersebut untuk mengetahui kegiatan yang memiliki kepekaan sangat tinggi atas keterlambatan penyelesaian pekerjaan, atau disebut juga kegiatan kritis. Apabila kegiatan keterlambatan proyek maka akan memperlambat penyelesaian proyek secara keseluruhan meskipun kegiatan lain tidak mengalami keterlambatan. (Yamit; 2000:301). Dengan demikian waktu yang diperlukan untuk penyelesaian jalur kritis adalah sama dengan waktu untuk menyelesaikan proyek secara keseluruhan. Waktu longgar merupakan jumlah waktu kegiatan tertentu dapat ditunda, tanpa menunda keseluruhan proyek. Bila waktu longgar nol maka kegiatan yang berada disepanjang jalur waktu longgar nol tersebut adalah kegiatan kritis dan jalurnya disebut jalur kritis.

Efisiensi Waktu dan Biaya

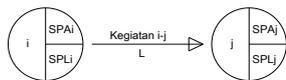
Efisiensi adalah tingkat kehematan dalam menggunakan sumber daya yang ada dalam rangka mencapai tujuan yang diinginkan. Efisiensi terbagi menjadi dua, yaitu efisiensi waktu dan efisiensi biaya. Efisiensi waktu adalah tingkat kehematan dalam hal waktu saat pelaksanaan hingga kapan proyek itu selesai. Sedangkan efisiensi biaya

adalah tingkat kehematan dan pengorbanan ekonomi yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. (Muchdoro, 1997:180).

Diagram Network

Variabel kegiatan dalam membuat *diagram network* adalah kurun waktu, tanggal mulai dan tanggal berakhir. Bila kegiatan tersebut dijumlahkan kembali akan menjadi lingkup proyek keseluruhan.

- Peristiwa atau kejadian dan *milestone*, adalah suatu titik waktu dimana semua kegiatan sebelumnya sudah selesai dan kegiatan sesudah itu dapat dimulai. Peristiwa dalam proyek adalah titik awal dimulainya proyek dan peristiwa akhir adalah titik dimana proyek selesai. Salah satu peristiwa atau *event* yang penting dinamakan tonggak kemajuan atau *milestone*.
- Node i dan node j yang berada diekor anak panah adalah node i, sedangkan yang dikepala adalah node j. Tetapi node j akan menjadi node i untuk kegiatan berikutnya.
- Kecuali kegiatan awal maka sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, kegiatan terdahulu harus sudah selesai.
- Dummy* merupakan anak panah yang hanya menjelaskan hubungan ketergantungan antara dua kegiatan, tidak memerlukan sumber daya dan tidak membutuhkan waktu.
- Penyajian grafis jaringan kerja tidak membutuhkan skala, kecuali untuk keperluan tertentu.



Gambar 2 Hubungan Kegiatan

Keterangan :

I : nomor dari lingkaran kegiatan yang merupakan permulaan dari kegiatan yang ditinjau.

J : nomor dari lingkaran kejadian yang merupakan ujung akhir dari kegiatan yang ditinjau.

Untuk menyusun *network planning* digunakan tanda atau simbol sebagai berikut:

- Anak panah (*arrow*)



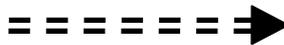
Adalah lambang aktifitas atau kegiatan. Anak panah menggambarkan keterkaitan antar kegiatan proyek atau urutan kegiatan yang harus diselesaikan. Kegiatan ini memerlukan jangka waktu tertentu dengan menggunakan sumber daya.

- Lingkaran kecil (*node*)



Menyatakan suatu kegiatan, peristiwa atau *event*. Kejadian didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau lebih kegiatan.

- Anak panah sejajar (*double arrow*)



Merupakan yang menunjukkan kegiatan dilintasan kritis.

- Anak panah terputus-putus (*dummy*)



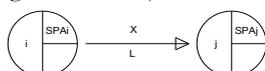
Menunjukkan kaitan antara dua kegiatan yang satu harus menunggu selesainya satu kegiatan lain/kegiatan semua. *Dummy* berfungsi untuk membatasi mulainya kegiatan. *Dummy* tidak mempunyai durasi karena tidak memakai atau menghabiskan sumber daya.

Hubungan Antar Simbol dan Urutan Kegiatan

Dalam proses perhitungan dengan metode CPM dikenal adanya beberapa parameter sebagai berikut:

- SPA (Saat Paling Awal) : Saat paling cepat atau paling awal peristiwa/node/event mungkin terjadi, yang berarti waktu paling cepat suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai karena menurut aturan dasar suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan-kegiatan terdahulu selesai.
- SPA_i : Saat paling cepat peristiwa yang mungkin terjadi, maksudnya waktu mulai paling awal suatu kegiatan. Bila waktu kegiatan dinyatakan dalam hari, maka waktu ini merupakan hari pertama kegiatan dimulai.
- SPA_j : Saat paling cepat peristiwa terakhir mungkin terjadi, berarti waktu selesai paling awal suatu kegiatan. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka SPA_j kegiatan terdahulunya merupakan SPA_i kegiatan berikutnya.

Untuk sebuah kegiatan menuju ke sebuah peristiwa



Keterangan :

X = Kegiatan

j = Peristiwa akhir kegiatan X

i = Peristiwa awal kegiatan X

L = Lama kegiatan X yang diperkirakan

SPA_i = Saat paling awal peristiwa awal

Rumus :

$$SPA_j = SPA_i + L \quad (1)$$

- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan menggabung, maka SPC_i kegiatan tersebut adalah SPC_j yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

b. Perhitungan mundur

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu paling akhir kegiatan masih dapat dimulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan suatu jaringan kerja atau waktu akhir penyelesaian proyek. Aturan dalam hitungan mundur

- Bila hanya ada satu kegiatan yang keluar dari peristiwa, maka waktu paling akhir dari kegiatan tersebut sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi dengan kurun waktu kegiatannya
Rumus : $SPL_i = SPL_j - L$ (6)
- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih yang mengikuti, maka SPL_j kegiatan tersebut adalah sama dengan SPL_i kegiatan berikutnya yang terkecil.

Tenggang Waktu Kegiatan

Tenggang waktu kegiatan adalah jangka waktu yang merupakan ukuran batas toleransi keterlambatan kegiatan. Dengan ukuran ini dapat diketahui karakteristik pengaruh keterlambatan terhadap penyelenggaraan proyek dan terhadap pola kebutuhan sumber daya dan biaya.

a. Syarat menghitung tenggang waktu kegiatan adalah:

- Telah ada *network* diagram yang tepat yaitu terdiri dari kegiatan, peristiwa, dan dummy (bila diperlukan) yang jumlahnya tepat, hubungan logika antar kegiatan memenuhi persyaratan, dan nomor-nomor peristiwanya memenuhi persyaratan.
- Lama kegiatan perkiraan masing-masing telah ditentukan.
- Telah dihitung SPA dan SPL semua peristiwa.

b. Float

Float merupakan sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan, sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan secara sengaja/tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya. Ada tiga macam bentuk tenggang waktu kegiatan yaitu :

- Total Float (TF) : Pada penyusunan dan perencanaan jadwal proyek, arti penting dari total float adalah menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. Rumus : $TF = SPL_j - L - SPA_i$ (7)
- Free Float (FF) : adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (SPA_j) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal (SPA_i). Rumus : $FF = SPA_j - L - SPA_i$ (8)
- Independent Float (IF) : adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (SPA_j) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan tersebut, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling lambat peristiwa awal (SPL_i)nya Rumus : $IF = SPA_j - L - SPL_i$ (9)

c. Limit jadwal kegiatan

- Keadaan jadwal paling awal

Merupakan keadaan pada saat pelaksanaan kegiatan dimulai dan diselesaikan seawal mungkin. Ini berarti bahwa kegiatan tersebut tidak mungkin dilaksanakan sebelum saat paling awal kegiatan yang bersangkutan. Keadaan ini selanjutnya disebut jadwal tipe I dan disebut juga hari mulai satu (HM1), dan hari penyelesaian kegiatan tersebut adalah hari selesai satu (HS1). Rumus : $HM1 = SPA1+1$ (10)

$$HS1 = SPA1+L \quad (11)$$

- Keadaan jadwal paling lambat

Merupakan keadaan pada saat pelaksanaan kegiatan dimulai dan diselesaikan selambat mungkin. Oleh karena itu kegiatan tersebut tidak boleh berlangsung melebihi saat paling lambat, agar proyek tidak mengalami keterlambatan. Hari mulai jadwal tipe II disebut hari mulai dua (HM2) dan hari penyelesaian disebut hari penyelesaian dua (HS2). Rumus : $HM2 = SPL_j+L+1$ (12)

$$HS2 = SPA_j \quad (13)$$

(Tubagus haedar ali, 1997, 111)

Setelah diperoleh durasi waktu tiap-tiap kegiatan, dari hitungan maju maupun mundur, dapat dianalisis tenggang waktu aktifitas kegiatan tersebut. Dengan menganalisis float dapat diketahui batas toleransi keterlambatan itu apakah dapat mempengaruhi proyek atau tidak.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi mengenai status gejala yang ada, yaitu keadaan gejala menurut apa

adanya pada saat penelitian dilakukan. (Arikunto, 2000:309). Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Kantor Kelurahan Kerten Kecamatan Laweyan Kota Surakarta dan CV. Catur Tunggal sebagai kontraktor yang mengerjakan proyek tersebut.. Salah satu metode penelitian yang digunakan dalam efisiensi waktu dan biaya pada Proyek Pembangunan Kantor Kelurahan Kerten Kecamatan Laweyan Kota Surakarta ini adalah metode CPM (*Critical Path Method*).

Untuk mempermudah analisis dalam penelitian ini maka diperlukan data-data yang berkaitan secara langsung maupun tidak langsung dengan Proyek Pembangunan Kantor Kelurahan Kerten Kecamatan Laweyan Kota Surakarta. Data-data tersebut antara lain : Rencana kerja dalam bentuk kurva S, Rencana Anggaran Biaya (RAB), item pekerjaan dan volume pekerjaan beserta harga satuan pekerjaan, dan data lain yang berhubungan dengan permasalahan penelitian.

Langkah-langkah analisis dengan metode CPM adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data baik di lingkungan proyek maupun dari instansi terkait.
2. Menguraikan jenis kegiatan menjadi kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.
3. Menyusun hubungan ketergantungan antara kegiatan-kegiatan yang terlibat dalam pelaksanaan dan menjadikannya mata rantai dengan urutan yang sesuai dengan logika ketergantungan tersebut. Urutan ini dapat berbentuk seri atau paralel.
4. Membuat diagram *network* untuk tiap kegiatan-kegiatan pada pelaksanaan proyek.
5. Menentukan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek. Umumnya satuan waktu yang digunakan adalah hari. Penentuan kurun waktu kegiatan tergantung dari volume pekerjaan, sumber daya, ruangan, dan produktifitas jam kerja perhari kerja.
6. Menentukan atau mengidentifikasi jalur kritis dan float pada jaringan kerja.
7. Menghitung biaya seluruh kegiatan atau pekerjaan.
8. Analisa waktu yang dilakukan yaitu dengan membuat tolak ukur waktu pada saat paling awal/SPA dan pada saat paling lambat/SPL.
9. Setelah diperoleh kurva S dengan tolak ukur yang menunjukkan SPA dan SPL, maka kita dapat membandingkan antara perencanaan atau jadwal dari pihak kontraktor dengan hasil analisis ini.
10. Pengambilan kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan dan merupakan jawaban atas rumusan masalah seperti yang tertera pada bab 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis

Proyek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Kantor Kelurahan Kerten Kecamatan Laweyan Kota Surakarta yang dikerjakan oleh CV. Catur Tunggal dengan nilai kontrak Rp. 1.001.454.000,- dan waktu pelaksanaan 150 hari kalender.

Penyusunan Jaringan Kerja CPM

A. Mengidentifikasi pekerjaan yang akan dianalisis.

Berdasarkan data *time schedule*, rencana anggaran biaya dan gambar gedung yang diperoleh dari CV. Catur Tunggal meliputi berbagai macam pekerjaan. Dari berbagai macam pekerjaan tersebut akan diuraikan menjadi kegiatan atau kelompok kegiatan dan disusun daftar rencana kegiatan beserta gambar *network planning*.

B. Menyusun kembali komponen-komponen proyek

- Urutan sesuai logika ketergantungan

Jaringan kerja metode CPM hanya mengenal satu macam hubungan antar kegiatan yaitu *finish to start (FS)* dimana suatu kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan yang mendahuluinya selesai dikerjakan. Selain hubungan FS, kadang juga diperlukan adanya *dummy*. *Dummy* merupakan kegiatan fiktif, gunanya untuk menghubungkan dua peristiwa yang tidak memerlukan kegiatannya tertentu. Logika ketergantungan ini didasarkan pada tahapan pekerjaan antara kegiatan yang mendahului dengan kegiatan sesudahnya yang saling berkaitan dengan durasi waktu penyelesaian pekerjaan.

- Diagram jaringan kerja metode CPM

Untuk menjelaskan hubungan antara komponen yang sesuai dengan logika ketergantungan tersebut diperlukan banyak visualisasi yang salah satunya berupa diagram jaringan kerja metode CPM.

C. Memperkirakan durasi waktu masing-masing kegiatan

Memperkirakan durasi waktu digunakan sesuai dengan analisis harga satuan yang digunakan pada proyek yang ditinjau. Berikut ini beberapa contoh perhitungan durasi waktu :

1. Pekerjaan Tulangan kolom struktur lantai 1

- Volume pekerjaan = 16,40 m³ pembesian 190 kg/m³ (analisis HSP dan RAB dari proyek)
- Volume tulangan = 16,40 x 190 = 3116 kg
- Tenaga kerja = 1 regu (1 tbs, 2 pk)

- Upah pekerja = Rp. 33.000,-
 - Upah tukang besi = Rp. 40.000,-
 - Upah tenaga kerja = Rp. 563,- per kg (analisis HSP dari proyek dan SNI)
 - Upah tenaga per regu = $(2 \times 33.000) + (1 \times 40.000) = 106.000,-$
 - Produktifitas tenaga kerja = $106.000 / 563 = 188,28 \text{ kg/hari}$
 - Produktifitas per regu = $188,28 \text{ kg/hari} \times 1 = 188,28 \text{ kg/hari}$
 - Durasi = $3116 / 188,28 = 17 \text{ hari}$
2. Pekerjaan Pasangan batu bata 1:3 Lantai 1
- Volume pekerjaan = 43,08 m² (analisis HSP dan RAB dari proyek)
 - Tenaga kerja = 1 regu (1 tbt, 2 pk)
 - Upah pekerja = Rp. 33.000,-
 - Upah tukang besi = Rp. 40.000,-
 - Upah tenaga kerja = Rp. 15.100,- per m² (analisis HSP dari proyek dan SNI)
 - Upah tenaga per regu = $(2 \times 33.000) + (1 \times 40.000) = 106.000,-$
 - Produktifitas tenaga kerja = $106.000 / 15.100 = 7,01 \text{ m}^2/\text{hari}$
 - Produktifitas per regu = $7,01 \text{ m}^2/\text{hari} \times 1 = 7,01 \text{ m}^2/\text{hari}$
 - Durasi = $43,08 / 7,01 = 6 \text{ hari}$.

Tahap dan Hasil Perhitungan

A. Tahap Hitungan

1. Hitungan maju

Perhitungan maju dibawah ini menggunakan rumus 5.

Kegiatan B (Galian Tanah Pondasi)

Kegiatan sebelumnya = kegiatan A (Pekerjaan Persiapan)

Kegiatan sesudahnya = kegiatan F (Pondasi Batu Kali)

$$\text{SPA}(2-3) = \text{SPA}(2-3) + \text{D}(2-3) = 3 + 7 = 10$$

Berarti bahwa waktu selesai paling awal dari kegiatan B jatuh pada hari ke 10 kemudian kegiatan selanjutnya yaitu kegiatan F dapat dimulai paling awal pada hari berikutnya yaitu hari ke 11.

2. Hitungan mundur

Perhitungan mundur dibawah ini menggunakan rumus 6.

Kegiatan F (Pondasi Batu Kali)

Kegiatan sebelumnya = kegiatan B (Galian Tanah Pondasi)

Kegiatan sesudahnya = kegiatan H (Pekerjaan Sloof Struktur)

$$\text{SPL}(3-5) = \text{SPL}(3-5) - \text{D}(3-5) = 20 - 10 = 10$$

Perhitungan itu menjelaskan bahwa waktu mulai paling lambat kegiatan F adalah waktu selesai paling lambat dari kegiatan.

B. Hasil Hitungan

1. Waktu penyelesaian proyek

Waktu penyelesaian proyek penelitian ini adalah 135 hari dimana waktu penyelesaian itu lebih cepat 15 hari dari jangka waktu penyelesaian proyek menurut dokumen kontrak. Pada gambar diagram jaringan kerja CPM, peristiwa akhir adalah peristiwa ke 36 yang memiliki $\text{SPA} = \text{SPL} = 135$

2. Float

Berikut merupakan contoh hitungan untuk menentukan *total float* masing-masing kegiatan yang sesuai dengan persamaan 7. Float tersebut dihitung berdasarkan diagram jaringan kerja CPM.

Kegiatan T (Pekerjaan Plesteran 1) yang diapit oleh peristiwa awal ke 18 dan peristiwa akhir ke 20.

$$\text{TF} = \text{SPL}_j 20 - \text{D} - \text{SPA}_i 18 = 84 - 14 - 70 = 0$$

Berarti kegiatan T adalah kegiatan kritis.

3. Identifikasi jalur kritis

Jalur kritis merupakan kegiatan-kegiatan yang tidak memiliki tenggang waktu atau $\text{TF} = 0$ dan digambarkan sebagai garis tebal pada diagram jaringan kerja CPM. Dari hasil perhitungan diperoleh lintasan kritis pada kegiatan A – B – F – H – G – K – R – Q – N – P – T – Y – AB – AK – AQ – AO – AN – AS yang memiliki hasil perhitungan dengan nilai $\text{TF} = 0$.

Tahap Pembuatan Kurva S

Hasil analisis jaringan kerja CPM diaplikasikan pada bagan balok, sehingga diperoleh jadwal pelaksanaan proyek yang memiliki limit jadwal paling awal dan paling lambat. Oleh karena itu terdapat dua kurva S yang terdapat pa-

da gambar berimpit pada bagan balok tersebut dengan kurun waktu pelaksanaan 135 hari. Prosentase bobot dari masing-masing kegiatan perhari diperoleh berdasarkan perbandingan antara bobot tiap-tiap kegiatan dengan hasil pelaksanaan kegiatan. Dengan mendistribusikan sumber daya tenaga kerja pada setiap hari kegiatan yang dilaksanakan, maka didapat distribusi pemakaian sumber daya tenaga kerja pergiatan perhari. Kebutuhan tenaga perhari tersebut untuk seluruh proyek dapat diketahui dengan cara menjumlahkan pemakaian tenaga kerja oleh kegiatan yang dilaksanakan pada hari yang sama.

Pembahasan

Dari hasil analisis jaringan kerja CPM dapat digambarkan dua kurva S untuk waktu pelaksanaan proyek 135 hari. Secara umum dapat dijelaskan bahwa arah kurva yang menanjak berarti terdapat komulatif prosentase bobot pekerjaan yang cukup tinggi. Koridor operasional yang menyempit menunjukkan kecilnya tenggang waktu (*float*) kegiatan. Demikian juga sebaliknya, *float* yang besar dapat menggambarkan kurva S yang memiliki koridor operasional yang cukup luas. Pada waktu inilah pelaksanaan proyek memiliki kelonggaran dalam pelaksanaan proyek, yang tentunya dibatasi oleh koridor operasional yang didasarkan pada limit jadwal kegiatan waktu tercepat dan waktu terlambat.

Penjadwalan Proyek Pembangunan Kantor Kelurahan Kerten Kecamatan Laweyan Kota Surakarta oleh CV. Catur Tunggal berdasarkan data time *schedule* bahwa penyelesaian proyek memerlukan waktu 150 hari. Total biaya proyek tersebut adalah Rp. 1.001.454.000,-. Sedangkan analisis penjadwalan dengan metode CPM, waktu penyelesaian proyek tersebut adalah 135 hari. Jika dibandingkan antara hasil perhitungan yang dilakukan oleh CV. Catur Tunggal dengan perhitungan menggunakan metode CPM, diperoleh hasil yang lebih menguntungkan dengan metode CPM. Hal ini akan memberikan keuntungan dari segi waktu penyelesaian proyek yaitu akan lebih cepat 15 hari. Dengan data yang diperoleh dari CV. Catur Tunggal bahwa tenaga kerja yang akan diperkerjakan dengan rata-rata sekitar 40 orang, maka berpengaruh terhadap penghematan biaya tenaga kerja dari biaya pembangunan secara keseluruhan menjadi Rp. 979.239.000,- sehingga penghematan waktu terhadap biaya pembangunan yang dapat diperoleh adalah Rp. 22.215.000,-.

SIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan dengan metode CPM membutuhkan waktu 135 hari dengan biaya Rp. 979.239.000,- sedangkan perhitungan yang dilakukan oleh CV. Catur Tunggal membutuhkan waktu 150 hari dengan biaya Rp. 1.001.454.000,- sehingga dapat menghemat waktu 15 hari dan biaya sebesar Rp. 22.215.000,-
2. Lintasan kritis yang diperoleh yaitu terdapat 18 kegiatan atau pekerjaan, di antaranya Pekerjaan Persiapan (A), Pekerjaan Tanah (B), Pondasi Batu Kali (F), Pekerjaan Sloof Struktur (H), Urugan tanah kembali, mendaratkan & dipadatkan (G), Pengecoran Kolom Struktur 1 (K), Bekisting dan Cor Balok Latei & Kolom Praktis 1 (R), Pasangan Dinding 1 (Q), Pengecoran Balok & Plat Lantai 2 (N), Perawatan Beton & Bongkaran Bekisting Balok & Plat Lantai (P), Pekerjaan Plesteran 1(I), Pengecoran Kolom Struktur 2 (Y), Pasangan Dinding 2 (AB), Pekerjaan Penutup Lantai 1 (AK), Pekerjaan Penutup Lantai 2 (AQ), Pekerjaan Doorloop (AO), Instalasi Penangkal Petir (AN), Pekerjaan lain-lain (AS).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Sugiyarto, MT. dan Ir. Siti Qomariyah, M.Sc. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Agus, Ahyari. 1986. *Manajemen Produksi Perencanaan Sistem Produksi*. Yogyakarta, BPFE.
- Ali, Tubagus Heidar. 1995. *Prinsip-Prinsip Network Planning*. Jakarta: P.T. Gramedia Pustaka Utama.
- Andri, Nugroho Aryo. 2007. *Optimalisasi Penjadwalan Proyek. Pada Pembangunan Gedung Khusus (Laboratorium) Stasiun Karantina Ikan Kelas 1 Tanjung Mas Semarang*. Skripsi, Jurusan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- Arikunto, Suharsimi. 2000. *Manajemen Penelitian*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Hafis, Lep. 2012. *Penjadwalan Dengan Menggunakan Jaringan Kerja PDM Dalam Upaya Pengendalian Waktu Pelaksanaan Proyek*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta.
- Handoko TH, 2000. *Manajemen Personalia dan Sumber Daya Manusia*. Edisi 2. Yogyakarta : BPFE.
- Hasibuan, Malayu SP. 2002. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Ratnasari, Widya. 2005. *Penjadwalan Waktu Proyek Dengan Metode CPM (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung UKM Universitas Sebelas Maret Surakarta)*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Reksohadiprodjo, Soekanto. 1987. *Management Proyek*. Yogyakarta : BPFE.
- Richard L. Daft. 2002. *Era Baru Manajemen. Buku 1 dan 2*. Jakarta : Salemba Empat.

- Sakdiyah. 2004. *Network Planning Dengan CPM Dalam Usaha Meningkatkan Efisiensi Biaya dan Waktu Pada Proyek Pembangunan Perkantoran di PT. Nilano Malang*. Malang : Universitas Muhamadiyah Malang.
- Santoso, Budi. 2003. *Manajemen Proyek Konsep & Implementasi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Soeharto, Imam. 2001. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jakarta : Erlangga.
- Yamit, Zulian. 2001. *Manajemen Kualitas Produk & Jasa*. Yogyakarta : Ekonisia.