

Journal Knowledge Industrial Engineering (JKIE)

**ANALISIS PELAKSANAAN PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG CLUBHOUSE
DENGAN PENDEKATAN CPM DAN PERT PADA PT. XY****(¹)Kasid , (²)M. Hermansyah****(¹)Prodi Teknik Industri-Fakultas Teknik-Universitas Yudharta Pasuruan****(²) Prodi Teknik Industri-Fakultas Teknik-Universitas Yudharta Pasuruan**

Email Koresponden : Kasidd32@yahoo.com

Abstrak

Penjadwalan proyek menetapkan urutan waktu dari berbagai kegiatan yang memiliki batas waktu tertentu, ini berarti bahwa proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang ditentukan. Efek keterlambatan dan mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Tujuan dari penelitian adalah untuk menganalisis penjadwalan proyek untuk mengetahui berapa lama suatu proyek dapat diselesaikan, menentukan jalur kritis serta mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek. Metode penelitian yang digunakan untuk analisis implementasi proyek konstruksi bangunan Clubhouse menggunakan metode jalur kritis (CPM) dan teknik evaluasi dan tinjauan program (PERT). Hasil diskusi dan perhitungan diperoleh bahwa penyelesaian proyek masih sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, dengan metode jalur kritis (CPM) adalah 321 hari, dan program evaluasi dan teknik peninjauan (PERT), waktu paling cepat diselesaikan adalah 312 hari (nilai $Z = 0,22\%$), waktu paling lambat adalah 339 hari (nilai $Z = 99,87\%$) dan waktu yang paling mungkin adalah 325 hari (nilai $Z = 49,20\%$). Menyadari kegiatan yang merupakan jalur kritis adalah kegiatan: A, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, C6, C6, C5, C7, C8, D, dan memperoleh optimisasi waktu penyelesaian proyek dengan metode CPM adalah 48 hari, metode PERT, waktu paling cepat adalah 57 hari, waktu paling lambat adalah 30 hari, dan waktu yang paling mungkin adalah 44 hari.

Kata kunci: Analisis Proyek, Penjadwalan, CPM dan Metode PERT.**Abstrac**

The project scheduling establish the time sequence of various activities which has a certain time limit, this means that the project must be completed before or exactly at the specified time. The delay effect and result in delays to the completion of the overall project. The purpose of study is to analyze the scheduling of the project to find out how long a project can be completed, determine the critical path as well as optimize the time of execution of the project. Research methods used for the project implementation analysis of Clubhouse building construction using critical path method (CPM) and program evaluation and review technique (PERT). Results of the discussion and calculations obtained that the completion of the project still in accordance with the schedule that has been determined, with the critical path method (CPM) is 321 days, and the program evaluation and review technique (PERT), time most quickly resolved is 312 days (value of $Z = 0,22\%$), the slowest time is 339 days (value of $Z = 99,87\%$) and the most probable time is 325 days (value of $Z = 49,20\%$). Be aware of the activities which constitute the critical path is the activities: A, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, C6, C5, C7, C8, D, and obtained the optimization of project completion time with the CPM method is 48 days, PERT method, time most quickly is 57 days, the slowest time is 30 days, and the most possible time is 44 days.

Keywords: Project Analysis, Scheduling, CPM and PERT Method.

Kasidd32@yahoo.com

PENDAHULUAN

Industri jasa konstruksi saat ini telah berkembang dengan baik dan mempunyai peranan penting dalam mendukung pertumbuhan di berbagai sektor pembangunan, seperti halnya pembangunan sebuah gedung atau yang lain perlu adanya penjadwalan proyek yang baik. Penjadwalan proyek disusun sebagai acuan landasan pengawasan dan pelaksanaan proyek (Haming dan Nurnajamuddin, 2007). Proyek itu sangat dinamis, kegiatannya selalu berubah-ubah selama proyek berlangsung, memiliki rantai waktu yang relatif pendek, aktivitasnya ditentukan dengan jelas kapan dimulai dan berakhirnya.

PT. XY, merupakan perusahaan besar yang bergerak di bidang Real Estate yang didalamnya ada kegiatan industri jasa dan konstruksi, diantaranya pembangunan gedung multi fungsi yang disebut Clubhouse. Implementasi pengerjaan gedung tersebut membutuhkan rekanan yang disebut dengan kontraktor. Pakis Jaya merupakan kontraktor yang dipilih untuk melaksanakan pembangunan melalui proses lelang atau tender. Kontraktor tersebut dalam menjalankan usahanya masih belum menggunakan metode-metode khusus untuk perencanaan waktu yang dibutuhkan, tetapi masih berpedoman pada kegiatan-kegiatan yang berdasarkan pengalaman dan masih banyak urutan pekerjaan dilakukan secara acak tahapan-tahapan yang semestinya didahulukan proses pelaksanaannya. Proyek pembangunan gedung Clubhouse ini mengalami kendala terkait dengan bahan baku/material yang di datangkan, sehingga keterlambatan yang ditimbulkan dapat mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Seperti halnya pekerjaan pemasangan keramik lantai satu dan dua mengalami keterlambatan, pemasangan kusen pintu lantai satu dan dua serta pekerjaan pengecatan terlambat dari rencana jadwal yang telah ditentukan.

Berdasarkan uraian diatas, pelaksanaan proyek tidak sesuai dengan rencana jadwal yang telah ditentukan sebelumnya, proyek mengalami keterlambatan yang mana pekerjaan arsitektur masih belum terpasang sepenuhnya akibat dari terlambatnya bahan baku/material. Namun, jadwal penyelesaian proyek pembangunan gedung Clubhouse harus sesuai dengan rencana semula, sehingga diperlukan suatu penjadwalan proyek yang baik untuk meningkatkan kemajuan proyek. Analisis penjadwalan proyek dilakukan untuk mengetahui berapa lama suatu proyek dapat diselesaikan, untuk menentukan lintasan kritis serta mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek pembangunan gedung Clubhouse.

Tinjauan Pustaka

Pengertian Proyek

Proyek dapat diartikan sebagai rangkaian kegiatan yang menggabungkan sumber daya manusia, material, peralatan dan biaya yang terhimpun dalam suatu organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Abrar Husen, 2010).

Pengertian *Network Planning*

Network Planning adalah suatu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek, yang produk akhirnya berupa informasi tentang aktivitas-aktivitas yang ada didalam diagram jaringan kerja proyek yang bersangkutan (Eddy Harjanto, 2003). Menurut Sofjan Assauri (2016), langkah-langkah dalam menyusun *network planning* adalah sebagai berikut:

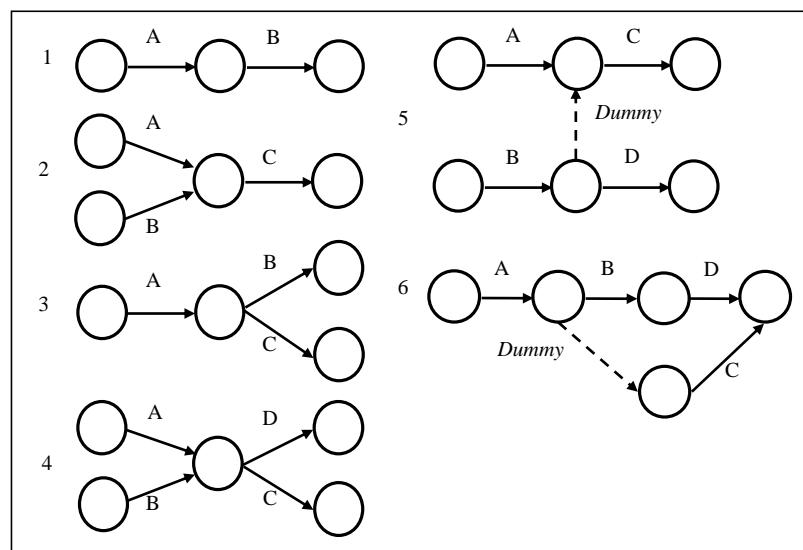
1. Merumuskan proyek dan menginventaris kegiatan kerja berdasarkan item pekerjaan.
2. Menyusun hubungan diantara kegiatan, kemudian mengurutkan sesuai logika ketergantungan dalam jaringan kerja, serta menetapkan kegiatan-kegiatan apa yang lebih dulu dilakukan, dan kegiatan mana yang harus mengikutinya.
3. Menggambarkan jaringan kerja yang menghubungkan seluruh kegiatan.
4. Menetapkan estimasi waktu untuk setiap pekerjaan.

5. Mengidentifikasi waktu kritis dengan melakukan perhitungan garis waktu terlama melalui jaringan kerja. Sedangkan waktu terlama dari jaringan tersebut adalah waktu kritis.
6. Menggunakan network untuk membantu penyusunan rencana, penjadwalan, pengawasan dan pengendalian proyek.

Simbol-Simbol Dalam *Network Planning*

Menurut (Ali, 2014), simbol-simbol yang menggambarkan network planning adalah sebagai berikut:

- a. Anak Panah (arrow) \rightarrow
Mewakili sebuah kegiatan atau aktivitas yang membutuhkan jangka waktu tertentu dalam pemakaian (sumber tenaga, peralatan, material, biaya).
- b. Lingkaran Kecil (node) \bigcirc
Menggambarkan sebuah kejadian atau event, yaitu waktu dimulainya suatu aktivitas atau selesainya suatu aktivitas. Sebuah kejadian mewakili satu titik di dalam waktu yang menyatakan penyelesaian beberapa kegiatan dan awal mulainya kegiatan yang baru.
- c. Anak Panah Putus-Putus (dummy)- \dashrightarrow
Menyatakan kegiatan semu atau dummy. Dummy tidak mempunyai jangka waktu tertentu dan tidak menghabiskan (sumber tenaga, peralatan, material dan biaya).
- d. Anak Panah Tebal \rightarrow
Menyatakan kegiatan yang menunjukkan lintasan kritis.



Gambar.1 Hubungan Ketergantungan Antar Simbol Dan Kegiatan
Sumber: Manajemen Operasi Produksi:Pencapaian Sasaran Organisasi

Berkesinambungan, 2016

Keterangan gambar:

- a. Kegiatan A harus diselesaikan lebih dulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan seterusnya.
- b. Kegiatan A dan B harus diselesaikan sebelum kegiatan C dapat dimulai.
- c. Kegiatan A harus diselesaikan sebelum kegiatan B dan C dapat dimulai.
- d. Kegiatan A dan B harus diselesaikan sebelum kegiatan C dan D.
- e. Kegiatan C tidak dapat dimulai sebelum kegiatan A dan B selesai, namun kegiatan D sudah boleh dimulai apabila kegiatan B sudah selesai.
- f. Kegiatan B dan C tidak dapat dimulai sebelum kegiatan A selesai, kegiatan D tidak dapat dimulai sebelum kegiatan B dan C selesai.

Metode CPM (Critical Path Method)

Menurut Surachman dan Murti Astuti (2015), menjelaskan bahwa CPM merupakan alat untuk membantu perencanaan dan penjadwalan dengan menggunakan model jaringan kerja untuk menggambarkan hubungan antar masing-masing kegiatan dalam suatu proyek. Menurut Arman Hakim Nasution (2005) terdapat empat simbol yang digunakan, antara lain:

- a. **ES** (earlies start time), adalah waktu paling awal dimulai dari suatu kegiatan, dengan asumsi seluruh kegiatan pendahulu dimulai dari ES.
- b. **EF** (earlies finish time), adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat selesai, dengan asumsi saat mulainya kegiatan mengikuti ES dan membutuhkan lama waktu perkiraan kegiatan.
- c. **LS** (latest start time), adalah waktu paling lambat memulai kegiatan tanpa harus melakukan penundaan waktu penyelesaian proyek.
- d. **LF** (latest finish time), adalah waktu paling lambat penyelesaian kegiatan tanpa harus melakukan penundaan waktu proyek, dengan asumsi kegiatan pengikut berjalan pada lama waktu perkiraan kegiatan masing-masing.

Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*).

PERT adalah suatu teknik dalam penjadwalan proyek yang waktu penyelesaian kegiatan menggunakan tiga perkiraan waktu, yaitu waktu optimis, waktu normal dan waktu pesimis (Surachman dan Murti Astuti (2015)). Ketiga perkiraan waktu tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Waktu Optimis (optimistic time) = a, adalah waktu penyelesaian suatu kegiatan dengan asumsi pelaksanaan kegiatan berjalan dengan sangat baik (waktu tercepat yang mungkin dapat dicapai untuk penyelesaian kegiatan).
- b. Waktu Pesimis (pessimistic time) = b, adalah waktu penyelesaian suatu kegiatan dengan asumsi pelaksanaan kegiatan berjalan dengan sangat buruk (waktu terlambat yang mungkin terjadi dalam penyelesaian kegiatan).
- c. Waktu Normal (most likely time) = m, adalah waktu penyelesaian suatu kegiatan dengan asumsi pelaksanaan kegiatan berjalan dengan normal.

Analisis Waktu Penyelesaian dan Waktu Optimal

Didalam analisis sebuah proyek yang utama adalah mengetahui kapan proyek tersebut diselesaikan. Namun sebelumnya, perlu diketahui terlebih dahulu waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing kegiatan, ketergantungan kegiatan satu dengan kegiatan yang lainnya, dan kapan suatu kegiatan tersebut dimulai dan diakhiri. Setelah semua hal tersebut diketahui langkah selanjutnya melakukan perhitungan-perhitungan, ada dua cara yang digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian suatu kegiatan yaitu:

1. Perkiraan waktu yang didasarkan atas tiga jenis perkiraan waktu diantaranya: waktu optimis (optimistic time) = a, waktu normal (most likely time) = m, waktu pesimis (pessimistic time) = b. Cara ini merupakan dasar perhitungan PERT, selanjutnya diasumsikan bahwa suatu pendekatan dari waktu rata-rata atau expected mean time (t_e) dan variansi dari masing-masing kegiatan yang berdasar pada distribusi statistik beta (Arman Hakim Nasution, 2005).

Rumus:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Keterangan:

t_e = rata-rata (expected time)

a = waktu optimis

m = waktu normal

b = waktu pesimis

$$V(t_e)=\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

Keterangan:

V(te) = variansi kegiatan

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

Selanjutnya menjumlahkan semua waktu kegiatan pada lintasan kritis atau mean completion time (TE).

Rumus:

$$T_E = \sum t_e$$

Selanjutnya menentukan deviasi standarnya, dengan akar dari jumlah variansi waktu-waktu kegiatan pada lintasan kritis.

Rumus:

$$\sigma_t^2 = \sqrt{\sum \sigma_{cp}^2}$$

Untuk mengetahui probabilitas proyek bisa mencapai target waktu, maka dapat dilakukan dengan menggabungkan antara waktu yang diharapkan (Tx) dengan waktu target (TE), yang dapat dinyatakan dengan rumus:

$$Z = \frac{T(d) - T_E}{\sigma_t^2}$$

2. Perkiraan waktu tunggal untuk setiap kegiatan. Cara ini dapat dilakukan apabila durasi dapat diketahui dengan pasti. Teknik perhitungan yang dilakukan adalah dengan menghitung maju (forward computation) dan menghitung mundur (backward computation) untuk mengetahui lintasan kritisnya dan juga kapan proyek atau produksi dapat diselesaikan.

a. Perhitungan Maju (forward computation)

Adalah menghitung saat paling cepat terjadinya event dan saat paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivitas. Menurut (Eka, 2015), terdapat tiga langkah yang dilakukan di dalam perhitungan maju, yaitu:

1. Waktu tercepat terjadinya initial event (node) ditentukan pada hari ke nol sehingga untuk initial event berlaku $TE = 0$.
2. Jika initial event terjadi pada hari yang ke-0 maka,
 $ES(ij) = TE(j) = 0$
 $EF(ij) = ES(ij) + t(ij) = TE(i) + t(ij)$
3. Event yang menggambarkan beberapa aktivitas (merge event).

Merge Event

Saat paling cepat terjadinya sebuah event sama dengan nilai terbesar dari saat tercepat untuk menyelesaikan aktivitas-aktivitas yang berakhir pada event tersebut.

$$TE(j) = \text{maks}(EF(i1j), EF(i2j), \dots, EF(inj))$$

Rumus:

$$ES(i,j) = TE(j) = 0$$

$$EF(i,j) = ES(i,j) + t(i,j)$$

$$= TE(i) + t(i,j)$$

Dimana:

ES = Saat tercepat dimulainya aktivitas

TE = Saat tercepat terjadinya event

EF = Saat tercepat diselesaikannya aktivitas

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas.

b. Perhitungan Mundur (backward computation)

Merupakan perhitungan yang bergerak dari terminal event menuju ke initial event, dengan tujuan menghitung saat yang paling lambat terjadinya aktivitas dan saat paling lambat dimulainya dan diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TL, LS dan LF). Terdapat tiga langkah yang dilakukan di dalam perhitungan mundur, yaitu:

1. Pada node terakhir (terminal event) berlaku $TL = TE$
2. Saat paling lambat untuk memulai suatu aktivitas sama dengan saat paling lambat untuk menyelesaikan aktivitas itu dikurangi dengan durasi atau waktu aktivitas itu.

$$LS = LF - t$$

$$LF(ij) = TL \text{ dimana } TL = TE$$

Maka:

$$LS(ij) = TL(ij) - t(ij)$$

3. Event yang “mengeluarkan” beberapa aktivitas (burst event).

Saat paling lambat terjadinya sebuah event sama dengan nilai terkecil dari saat-saat paling lambat untuk memulai aktivitas-aktivitas yang berpangkal pada event tersebut.

$$TL(i) = \min(LS(i,j1), LS(i,j2), \dots, LS(i,jn))$$

Rumus:

$$LS = LF - t$$

$$LF(i,j) = TL \text{ dimana } TL = TE$$

Maka:

$$LS(i,j) = TL(j) - t(i,j)$$

Dimana:

LS= Saat paling lambat dimulainya aktivitas

LF= Saat paling lambat diselesaikannya aktivitas

TL = Saat paling lambat terjadinya event

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas.

c. Perhitungan Kelonggaran Waktu (Float & Slack)

Perhitungan kelonggaran waktu merupakan perhitungan untuk mengetahui kegiatan mana saja yang perlu diselesaikan terlebih dahulu dan kegiatan mana yang dapat dilakukan penundaan pada pengerjannya, yang dapat diketahui setelah melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur. Ada dua macam kelonggaran waktu di dalam network planning yaitu total slack dan free slack. Menurut (Wardah, 2015), total float dihitung dengan cara mencari selisih antara saat paling lambat dimulainya aktivitas dengan saat paling cepat dimulainya aktivitas.

Rumus:

$$S = LS - ES$$

Dimana:

S = Total Float

LS = Saat paling lambat dimulainya aktivitas

ES = Saat tercepat dimulainya aktivitas

Free Float adalah jumlah waktu dimana penyelesaian suatu aktivitasnya diukur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dimulainya aktivitas lain atau saat paling cepat terjadinya aktivitas lain pada jaringan kerja. Suatu aktivitas yang tidak mempunyai kelonggaran (*Float*) disebut aktivitas kritis, dengan kata lain aktivitas kritis mempunyai $S = SF = 0$.

Rumus:

$$SF = EF - ES - t$$

Dimana:

SF = Free Float

EF = Saat tercepat diselesaikannya aktivitas

ES = Saat tercepat dimulainya aktivitas

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Yang menjadi objek penelitian adalah PT. XY yaitu perusahaan yang bergerak dibidang properti, beralamatkan di Jl. Raya Surabaya - Malang Km 48, Kecamatan Pandaan 67156 Kabupaten Pasuruan.

Sumber Data Penelitian

Sumber data dari penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari pengawas lapangan perusahaan yang meliputi Shop Drawing, Time Schedule, progres mingguan dan rencana anggaran biaya (RAB) proyek pembangunan gedung Clubhouse. Sedangkan data primer yang diperlukan adalah waktu optimis dan waktu pesimis yang diperoleh dari hasil pengamatan langsung dilapangan dan interview kepada pihak kontraktor pelaksanaan.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dipergunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Observasi (Pengamatan Langsung)
- b. Interview (Wawancara)
- c. Dokumentasi
- d. Studi Pustaka

Teknik Pengolahan Data

Metode yang digunakan dalam menganalisis data yang diperoleh dari proyek pembangunan gedung Clubhouse adalah metode network planning dengan menggunakan teknik PERT (Program Evaluation and Review Technique) dan CPM (Critical Path Method). Adapun langkah-langkah penyusunan network planning menurut Sofjan Assauri (2016), adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan proyek dan menginventaris kegiatan.
2. Menyusun hubungan antara kegiatan.
3. Menggambarkan jaringan kerja yang menghubungkan seluruh kegiatan.
4. Menetapkan estimasi waktu untuk setiap pekerjaan.
5. Mengidentifikasi waktu lintasan kritis.
6. Melakukan analisis untuk menentukan perkiraan waktu penyelesaian proyek terbaik dengan menggunakan dua parameter yaitu rata-rata (mean) dan deviasi standar untuk mengetahui distribusi waktu dan probabilitas penyelesaian proyek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Clubhouse

Pelaksanaan proyek pembangunan gedung Clubhouse direncanakan selama 369 hari kerja (Data Perusahaan, 2016). Namun, pelaksanaan dilapangan tidak sesuai dengan urutan pekerjaan yang telah diajukan. Berdasarkan analisis, progres pencapaian pengerjaan tersebut masih terhitung tidak sesuai dengan rencana jadwal yang ada, hal ini dapat terlihat dari beberapa urutan kegiatan masih dilakukan secara acak kegiatan-kegiatan mana saja yang mestinya didahulukan proses pengerjaannya. Proses pengerjaan seperti ini terbilang tidak efisien dan sulit diketahui durasi penyelesaiannya.

Tahapan Analisis Penjadwalan Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method)

Dalam membuat perencanaan dan penjadwalan menggunakan network planning dengan metode CPM (critical path method), terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan, diantaranya adalah:

1. Merumuskan dan menginventaris kegiatan-kegiatan proyek.

Langkah pertama, yang dilakukan adalah menginventaris semua lingkup kegiatan proyek kedalam kelompok kegiatan untuk memudahkan identifikasi kegiatan.

2. Menyusun hubungan antar kegiatan.

Langkah kedua, mengurutkan kembali kegiatan-kegiatan sesuai dengan logika ketergantungan dalam jaringan kerja, serta menetapkan kegiatan-kegiatan apa saja yang lebih dulu dilakukan. Sehingga diketahui urutan kegiatan mulai dari awal proyek sampai dengan selesainya proyek secara menyeluruh.

Tabel 1. Daftar Uraian Kegiatan dan Kegiatan Sebelumnya

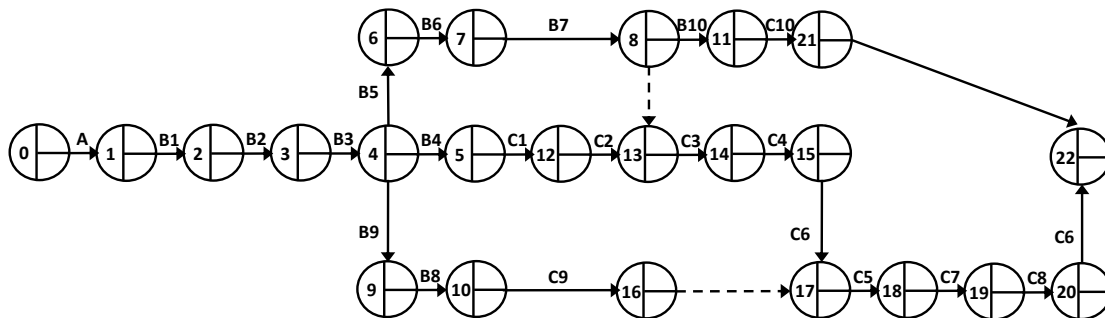
Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya
A. Pekerjaan Persiapan	A	-
B. Pekerjaan Lantai Dasar		
1. Pekerjaan tanah (galian)	B1	A
2. Pekerjaan beton K.250 (strous, poer, kolom)	B2	B1
3. Pekerjaan pasang dinding bata dan plesteran	B3	B2
4. Pekerjaan finish lantai	B4	B2,B3
5. Pekerjaan kusen, pintu dan jendela	B5	B2,B3
6. Pekerjaan plafon	B6	B3,B5
7. Pekerjaan pengecatan	B7	B3,B5,B6
8. Pekerjaan saniter dan instalasi	B8	B3,B9
9. Pekerjaan instalasi air bersih dan air kotor	B9	B1,B2,B3
10. Pekerjaan instalasi listrik	B10	B6,B7
C. Pekerjaan Lantai Atas		
1. Pekerjaan beton K.250 (kolom, balok, plat)	C1	B2,B3,B4
2. Pekerjaan pasang dinding bata dan plesteran	C2	B3,B4,C1
3. Pekerjaan finish lantai	C3	C1,C2
4. Pekerjaan kusen, pintu dan jendela	C4	C2,C3
5. Pekerjaan plafon	C5	C2,C3,C4,C6
6. Pekerjaan atap genteng	C6	C1,C2,C3,C4,B8,C9
7. Pekerjaan pengecatan	C7	B7,C2,C3,C4,C6,C5
8. Pekerjaan tangga besi WF	C8	C5,C7

9. Pekerjaan instalasi air bersih dan air kotor	C9	B8,B9
10. Pekerjaan instalasi listrik	C10	B10,C4
D. Pekerjaan Lain-Lain	D	C8

Sumber: Data Perusahaan

3. Menggambarkan jaringan kerja yang menghubungkan seluruh kegiatan.

Pada langkah ketiga, menggambarkan seluruh hubungan antar kegiatan sesuai logika ketergantungan ke dalam jaringan kerja (network planning).



Gambar 1. Diagram Jaringan Untuk Menunjukkan Antar Kegiatan

4. Menetapkan waktu untuk setiap kegiatan.

Pada langkah keempat, memberikan kurun waktu untuk setiap kegiatan yang diperoleh dari menyesuaikan lingkup proyek dan menggambarannya ke dalam jaringan kerja.

Tabel 2. Uraian Kegiatan yang Disertai Kurun Waktu

Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan	Waktu (Hari)
A. Pekerjaan Persiapan	A	4
B. Pekerjaan Lantai Dasar		
1. Pekerjaan tanah (galian)	B1	2
2. Pekerjaan beton K.250 (strous, poer, kolom)	B2	39
3. Pekerjaan pasang dinding bata dan plesteran	B3	13
4. Pekerjaan finish lantai	B4	27
5. Pekerjaan kusen, pintu dan jendela	B5	5
6. Pekerjaan plafon	B6	5
7. Pekerjaan pengecatan	B7	5
8. Pekerjaan saniter dan instalasi	B8	7
9. Pekerjaan instalasi air bersih dan air kotor	B9	6
10. Pekerjaan instalasi listrik	B10	11
C. Pekerjaan Lantai Atas		
1. Pekerjaan beton K.250 (kolom, balok, plat)	C1	63
2. Pekerjaan pasang dinding bata dan plesteran	C2	9

3. Pekerjaan finish lantai	C3	31
4. Pekerjaan kusen, pintu dan jendela	C4	6
5. Pekerjaan plafon	C5	7
6. Pekerjaan atap genteng	C6	75
7. Pekerjaan pengecatan	C7	16
8. Pekerjaan tangga besi WF	C8	13
9. Pekerjaan instalasi air bersih dan air kotor	C9	3
10. Pekerjaan instalasi listrik	C10	6
D. Pekerjaan Lain-Lain	D	16

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Mengidentifikasi Jalur Kritis (critical path) Pada Jaringan Kerja.

Pada langkah ini, adalah mengidentifikasi jalur kritis (critical path). Tahapan ini terlebih dahulu perlu dilakukan perhitungan maju (forward computation) dan perhitungan mundur (backward computation). Kedua perhitungan tersebut dapat diidentifikasi jalur kritisnya yang dapat dihitung float/slack, yang merupakan kelonggaran waktu penyelesaian dari suatu kegiatan.

a. Perhitungan Maju (forward computation)

Penghitungan yang bergerak mulai dari initial event menuju ke terminal event, yaitu menghitung saat paling cepat terjadinya event dan saat paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivitas

Rumus:

$$TE(j) = ES(i,j) = 0$$

$$EF(i,j) = ES(i,j) + t(i,j)$$

Dimana:

ES = Saat tercepat dimulainya aktivitas

TE = Saat tercepat terjadinya event

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

b. Perhitungan Mundur (backward computation)

Penghitungan yang bergerak mulai dari terminal event menuju ke initial event, yaitu untuk menghitung saat paling lambat terjadinya event dan saat paling lambat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivita

Rumus:

$$TL = LS(i,j) = LF(i) - t(i,j)$$

$$LF(i,j) = TL \text{ dimana } TL = TE$$

Dimana:

LS = Saat paling lambat dimulainya aktivitas

LF = Saat paling lambat diselesaikannya aktivitas

TL = Saat paling lambat terjadinya event

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

c. Perhitungan Kelonggaran Waktu (Float/Slack)

Total Float adalah jumlah waktu dimana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat dilakukan penundaan tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan. Lintasan kritis mempunyai total float sama dengan nol, untuk itu dalam menentukan lintasan kritis, maka lebih dulu menghitung total floatnya.

Rumus:

$$S = LF - ES - t$$

Dimana:

- S = Total float
 LF = Saat paling lambat dimulainya aktivitas
 ES = Saat tercepat dimulainya aktivitas
 T = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

Free Float adalah jumlah waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diukur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dimulainya aktivitas yang lain atau saat paling cepat terjadinya aktivitas lain pada jaringan kerja (Fitri, 2015).

Rumus:

$$SF = EF - ES - t$$

Dimana:

- SF = Free float
 EF = Saat tercepat diselesaikannya aktivitas
 ES = Saat tercepat dimulainya aktivitas
 T = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

Perhitungan yang telah dilakukan mulai dari perhitungan maju, perhitungan mundur, total float dan free float dapat dirangkum dalam satu tabel yang memuat semua informasi yang diperlukan untuk proyek pembangunan gedung Clubhouse tersebut.

Tabel 3. Informasi Jaringan Kerja Perhitungan Maju, Perhitungan Mundur, Total Float dan Free Float

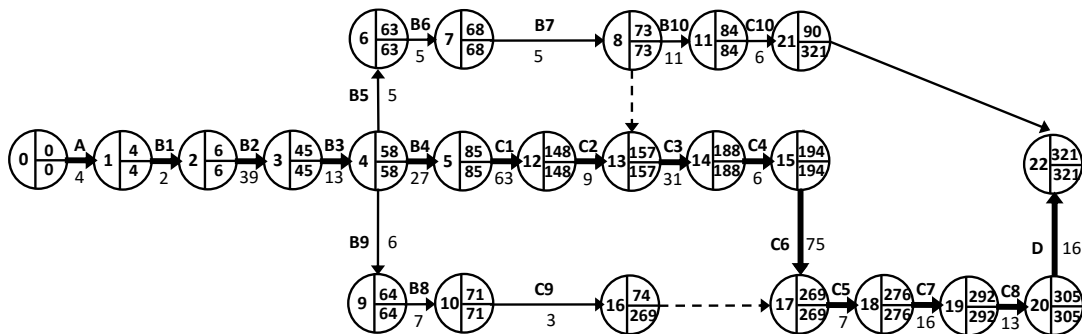
Kode Kegiatan	Waktu (Hari)	Perhitungan Awal (<i>Earliest</i>)		Perhitungan Lambat (<i>Latest</i>)		Total Float	Free Float
		Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)		
A	4	0	4	0	4	0	0**
B1	2	4	6	4	6	0	0**
B2	39	6	45	6	45	0	0**
B3	13	45	58	45	58	0	0**
B4	27	58	85	58	85	0	0**
B5	5	58	63	58	63	0	0
B6	5	63	68	63	68	0	0
B7	5	68	73	68	73	0	0
B8	7	64	71	64	71	0	0 dummy
B9	6	58	64	58	64	0	0
B10	11	73	84	73	84	0	0
C1	63	85	148	85	148	0	0**
C2	9	148	157	148	157	0	0**
C3	31	157	188	157	188	0	0**
C4	6	188	194	188	194	0	0**
C5	7	269	276	269	276	0	0**
C6	75	194	269	194	269	0	0**
C7	16	276	292	276	292	0	0**
C8	13	292	305	292	305	0	0**
C9	3	71	74	71	269	195	0 dummy
C10	6	84	90	84	321	231	0
D	16	305	321	305	321	0	0**

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan: ** aktivitas/kegiatan kritis

d. Lintasan Kritis (Critical Path)

Berdasarkan diagram jaringan kerja proyek pembangunan gedung Clubhouse pada PT. CD The Taman Dayu dapat diturunkan lintasan terpanjang adalah lintasan kritisnya, yang memiliki total float dan free float sama dengan nol, sehingga yang menjadi lintasan kritis adalah lintasan pada aktivitas:A-B1-B2-B3-B4-C1-C2-C3-C4-C6-C5-C7-C8-D. Waktu penyelesaian proyek pembangunan gedung Clubhouse secara keseluruhan dengan menggunakan metode CPM adalah 321 hari.



Gambar 2. Jaringan Kerja Dengan Perhitungan Maju dan Mundur Serta Lintasan Kritis

Tahapan Analisis Penjadwalan Menggunakan PERT (Program Evaluation Review Technique)

1. Mengestimasikan Waktu Penyelesaian Setiap Kegiatan Proyek Kedalam Tiga Jenis Estimasi

Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah mengestimasikan waktu penyelesaian yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas proyek kedalam tiga jenis waktu estimasi yaitu waktu optimis (a), waktu pesimis (b), dan waktu normal (m).

2. Menentukan Rata-Rata Nilai (te) Untuk Setiap Kegiatan.

Setelah menentukan tiga jenis estimasi waktu pada setiap kegiatan maka langkah selanjutnya adalah mencari rata-rata nilai (te) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

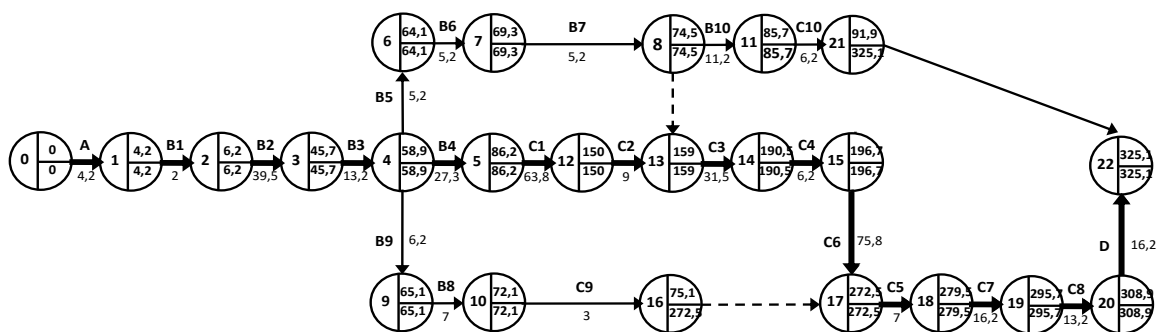
Rumus:

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Dimana:

- te = waktu yang diharapkan
- a = waktu optimis
- b = waktu pesimis
- m = waktu normal

3. Menggambarkan Diagram Kerja Proyek Dan Lintasan Kritis



Gambar 3. Jaringan Kerja Dengan Metode PERT Dan Lintasan Kritisnya

Hasil analisis jaringan kerja proyek dengan menggunakan metode PERT dengan nilai (te) sebagai waktu yang digunakan dalam perhitungan, maka dapat diketahui waktu penyelesaian proyek pembangunan gedung Clubhouse secara keseluruhan adalah 325,1 hari dan diperoleh lintasan kritisnya pada aktivitas: A,B1,B2,B3,B4,C1,C2,C3,C4,C6,C5,C7,C8,D

4. Menentukan Nilai Varians Kegiatan dan Standard Deviasi

Dalam menentukan nilai varians dan standard deviasi pada proyek secara keseluruhan dan berdasarkan lintasan kritis yang diperoleh dari perhitungan pada setiap kegiatan. Nilai varians kegiatan dapat dicari dengan

rumus:

$$V(t_e) = \sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

Dimana:

- V(te) = varians kegiatan
- a = waktu optimis
- b = waktu pesimis

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai total varians ($\Sigma V(t_e)$) = 21,14 dan nilai standard deviasi (σ^2) = 4,60, dengan sifat kurva distribusi normal dimana 99,87% area berada dalam interval ($TE - 3(\sigma^2)$) dan ($TE + 3(\sigma^2)$) maka besar rentang $3(\sigma^2)$ adalah $3 \times 4,60 = 13,80$. Maka kurun waktu penyelesaian proyek adalah $325,1 \pm 13,80$ hari. Perkiraan penyelesaian proyek paling cepat adalah $325,1 - 13,80 = 311,3$ hari \sim 312 hari, sedangkan perkiraan penyelesaian proyek paling lambat adalah $325,1 + 13,80 = 338,9$ hari \sim 339 hari. Jika dalam hal ini target penyelesaian yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka nilai $T(d) = 312$ hari. Dengan demikian, kemungkinan mencapai target jadwal dalam metode PERT dinyatakan dengan Z adalah:

$$\begin{aligned} Z &= T(d) - TE / \sigma^2 \\ &= 312 - 325,1 / 4,60 = -2,85 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif maka diperoleh hasil dari harga Z = -2,85 adalah 0,0022, Z = -0,02 adalah 0,4920 dan Z = 3,02 adalah 0,9987. Sehingga probabilitas untuk penyelesaian proyek dalam jangka waktu 312 hari adalah 0,22%, dalam jangka waktu 325 hari adalah 49,20% dan jangka waktu 339 hari adalah 99,87%.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Hasil analisis menggunakan metode CPM, penyelesaian proyek pembangunan gedung Clubhouse secara keseluruhan adalah 321 hari. Sedangkan menggunakan metode PERT, penyelesaian proyek dapat diketahui waktu paling cepat dapat diselesaikan selama 312 hari, waktu paling lambat proyek dapat diselesaikan selama 339 hari dan proyek paling mungkin diselesaikan selama 325 hari. Sehingga penyelesaian proyek pembangunan gedung Clubhouse secara keseluruhan masih sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

Dengan perhitungan metode CPM dan PERT dapat diketahui kegiatan-kegiatan yang merupakan kegiatan kritis, yaitu dimulai dari aktivitas: A - B1 - B2 - B3 - B4 - C1 - C2 - C3 - C4 - C6 - C5 - C7 - C8 - D.

Optimalisasi waktu penyelesaian proyek didapatkan setelah melakukan perhitungan dengan metode CPM adalah 321 hari lebih cepat dari rencana penyelesaian awal adalah 369 hari, yaitu

didapat efisiensi waktu 48 hari. Dengan PERT diperoleh waktu paling cepat proyek diselesaikan adalah 312 hari (kemungkinan 0,22%) dengan efisiensi waktu 57 hari, waktu paling mungkin diselesaikan adalah 325 hari (kemungkinan 49,20%) dengan efisiensi waktu 44 hari, waktu paling lambat proyek diselesaikan adalah 339 hari (kemungkinan 99,87%) dengan efisiensi waktu 30 hari. Sehingga penerapan metode CPM dan PERT adalah sangat penting untuk mengoptimalkan waktu penyelesaian proyek.

Saran

Perusahaan dalam menetapkan jadwal proyek sebaiknya menggunakan metode CPM (critical path method) dan PERT (program evaluation and review technique) sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi kegiatan-kegiatan mana saja yang termasuk pada kegiatan kritis dan memerlukan prioritas dalam proses pengerjaannya agar tidak terjadi keterlambatan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Dusahakan dalam tahap pelaksanaan proyek dilakukan pengawasan yang ketat pada kegiatan-kegiatan kritis, agar penyelesaian proyek berjalan sesuai urutan kegiatan prioritas.

Sebaiknya perusahaan juga melakukan pengawasan yang baik terhadap perencanaan sumber daya bahan atau material agar setiap kemungkinan terjadi keterlambatan salah satu bahan/material bisa dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofjan. (2016). Manajemen Operasi Produksi Pencapaian Sasaran Organisasi Berkesinambungan. Edisi.3. PT. Rajagrafindo Persada Jakarta.
- Husen, Abrar. (2010). Manajemen Proyek Perencanaan Penjadwalan dan Pengendalian Proyek. Edisi Revisi. Andi. Yogyakarta.
- Haming, Murdifin dan Mahfud Nurnajamuddin. (2007). Manajemen Produksi Modern. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Herjanto, Eddy. (2003). Manajemen Produksi dan Operasi. Edisi.2. Gramedia. Jakarta.
- Surachman dan Murti Astuti. (2015). Operations Research. Edisi Kedua. Media Nusa Creative - MNC. Malang.
- Nasution, Arman Hakim. (2005). Manajemen Industri. Ed.I. Andi. Yogyakarta.
- Ali, E. S. (2014). Analisis penerapan network planning dalam upaya efisiensi biaya dan waktu pada penyelesaian proyek pengembangan gedung rsd dr. soebandi jember penyelesaian proyek pengembangan gedung rsd dr. soebandi jember penyelesaian proyek pengembangan gedung rsd dr. soebandi jember.
- Eka, K. U. L. R. J. (2015). Perhitungan pemotongan pph 21 pada karyawan koperasi jasa dirgahayu maju sejahtera di samarinda menurut undang-undang nomor 36 tahun 2008. *ekonomia*, 4(2), 102–108.
- Fitri, L. S. (2015). EValuasi master production schedule menggunakan network planning dalam rangka mengefektifkan waktu perbaikan engine type zb9f di pt. sapta jaya utama [phd thesis]. universitas widyatama.
- Wardah, m. (2015). Penjadwalan pembangunan rumah tipe 300 dalam mengefisienkan waktu pada cv basuki rahmat prabumulih [phd thesis]. politeknik negeri sriwijaya.