



## Aplikasi Network Analysis Metode CPM (*Critical Path Method*) Model AON Untuk Menentukan Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan UIN Malang

Binti Karomah<sup>✉1</sup>,

Program Studi Arsitektur, Universitas Surakarta  
email: [bintikaromah@gmail.com](mailto:bintikaromah@gmail.com)<sup>1</sup>

Received: 10 Agustus 2022, Accepted: 16 September 2022, Published: 30 September 2022

### Abstrak

Permasalahan pada proyek pembangunan adalah menentukan jadwal proyek sehingga dapat diselesaikan dengan waktu yang optimal (minimal). Penjadwalan dengan *Network* di antaranya menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*). Representasi diagram *network* metode tersebut berupa *graph* berarah (*digraph*) yang disajikan dalam dua model, yaitu AOA (*Activity On Arc*) dan AON (*Activity On Node*). Kegiatan pada model AON diletakkan pada *node*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan *network analysis* menggunakan metode CPM model AON pada penjadwalan proyek pembangunan perpustakaan UIN Malang. Metode yang digunakan adalah perhitungan maju (*forward pass*), perhitungan mundur (*backward pass*), dan kelonggaran waktu (*total slack*) sehingga dapat diketahui waktu tercepat atau terlambat suatu kegiatan dapat dimulai atau diakhiri serta besarnya kelonggaran waktu penundaan yang diperbolehkan untuk suatu kegiatan beserta kegiatan kritisnya. Penelitian terdahulu hanya menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dan metode *Gantt Chart*, sehingga pada penelitian ini penulis akan menggunakan metode lain yaitu metode Metode CPM Model AON. Dari hasil penelitian didapatkan waktu penjadwalan proyek pembangunan sebesar 293 hari yang dimulai 01-07-2022 sampai 27-05-2023. Dari Hasil analisa dengan metode CPM diperoleh dari 298 kegiatan penyusun proyek, 17 kegiatan merupakan kegiatan kritis sehingga pelaksanaannya tidak dapat ditunda karena akan berakibat pada mundurnya waktu penyelesaian proyek.

**Kata Kunci:** Network, Critical Path Method (CPM), Activiti On Node (AON), Optimal, Penjadwalan.

### Abstract

*The problem The with development projects is to determine the project schedule so that it can be completed in an optimal (minimum) time. Scheduling with Network, among others, uses the CPM*

(*Critical Path Method*). The network diagram representation of the method is in the form of a directed graph (digraph) which is presented in two models, namely AOA (*Activity On Arc*) and AON (*Activity On Node*). Activities in the AON model are placed on nodes. This study aims to determine the application of network analysis using the CPM method. The AON model on the scheduling of the library development project at UIN Malang. The methods used are forward pass, backward pass, and total slack so that it can be known the fastest or late time an activity can be started or ended and the amount the allowable delay time for an activity and its critical activities. Previous research only used the PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) method and the Gantt Chart method, so in this study the author will use another method, namely the CPM Model AON method. The construction project schedule is 293 days starting from 01-07-2022 to 27-05-2023. From the results of the analysis using the CPM method, it was obtained that from 298 project preparation activities, 17 activities were critical activities so that their implementation could not be delayed because it would result in a delay in project completion time.

**Keywords:** Network, Critical Path Method, Activity On Node, Optimization, Scheduling

---

✉ Corresponding author

## PENDAHULUAN

Proyek merupakan rangkaian tugas atau kegiatan yang memiliki suatu tujuan tertentu yang harus diselesaikan sesuai dengan waktu, biaya dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Rangkaian kegiatan ini memiliki arti urutan dan relasi unit antar kegiatan penyusun proyek. Sedangkan manajemen proyek adalah pengelolaan suatu proyek yang mencakup proses pelingkupan, perencanaan, penjadwalan, pengorganisasian dan pengontrolan suatu proyek, adapun manajemen proyek yang efektif adalah bagaimana merencanakan, mengelola dan menghantarkan proyek tepat waktu dalam rentang anggaran [1].

Proyek pembangunan gedung perkantoran merupakan contoh proyek yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Dalam penelitian ini adalah proyek pembangunan perpustakaan UIN Malang, dimana pada proyek pembangunan ini permasalahan yang dihadapi terletak pada bagaimana menentukan jadwal proyek sehingga proyek dapat diselesaikan dengan waktu yang optimal. Waktu optimal yang dimaksud adalah penggunaan waktu seminimal mungkin tanpa merusak logika ketergantungan setiap kegiatan penyusun proyek serta spesifikasi lain yang telah ditetapkan sebelumnya [4].

Permasalahan penjadwalan pada proyek pembangunan perpustakaan UIN Malang ini dapat diselesaikan dengan menggunakan *network analysis*, dimana inti

dari penjadwalan menggunakan *network* adalah suatu bentuk *graph* dari seluruh rencana kegiatan sejak awal yang mengarah pada pencapaian tujuan akhir.

Penyelesaian penjadwalan menggunakan *network analysis* dapat menggunakan tiga metode yaitu PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), CPM(*Critical Path Method*), dan *Gantt*. Ketiganya merupakan bagian dari *network analysis* yang representasi diagram *networknya graph* berarah (*digraph*)[8]. Metode PERT dan CPM disajikan dalam 2 model, yaitu AOA (*Activity On Arc*) dan AON (*Activity On Node*) yang keduanya harus sesuai dengan logika ketergantungan dan berupa lintasan tertutup. Jika AOA, maka suatu kegiatan diletakkan pada sisi berarah(*arc*) dan jika AON, diletakkan pada *node* [3].

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode adalah AON dikarenakan AON memiliki keunggulan dibandingkan AOA, yaitu AON lebih mudah dikonstruksi, dipahami, dan diperbaiki saat terjadi perubahan dalam proyek [9]. Penjadwalan Menggunakan *Network Analysis* Metode CPM dengan Model AON (*Activity On Node*) terdapat 3 langkah penghitungan penjadwalan menggunakan CPM model AON, yaitu perhitungan maju (*Forward Pass/FP*), perhitungan mundur (*Backward Pass/BP*), dan perhitungan kelonggaran waktu (*Float Calculating*) [5].

*Forward Pass* adalah langkah awal dari 3 langkah penghitungan jadwal. Tujuan dari *Forward Pass* adalah menjawab pertanyaan, "Kapan waktu paling awal dimana kegiatan-kegiatan dapat dimulai atau diakhiri. Sedangkan *Backward Pass (BP)* adalah langkah kedua dari 3 langkah perhitungan jadwal [7]. Tujuan dari *BP* adalah menjawab pertanyaan, "Kapan waktu paling lambat dimana suatu kegiatan dapat dimulai/diakhiri tanpa menunda waktu proyek. Adapun Perhitungan *Float Time* (Kelonggaran Waktu) adalah langkah terakhir dalam penjadwalan menggunakan *network analysis* dengan metode CPM (*Critical Path Method*). Tujuan dari perhitungan *Float Time* adalah menjawab pertanyaan, "Berapa lama dapat ditunda dimulai atau diakhirinya kegiatan-kegiatan tanpa menunda waktu penyelesaian proyek [6].

Penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya adalah Zkiril Auliya (2021) melakukan penelitian tentang penerapan metode CPM (*Critical Path Method*) Pada Proyek Konstruksi pembangunan Bendungan LAU-SIMEME Paket II Kabupaten Deli Serdang, Viandri (2003) dengan judul Perencanaan Jaringan Kerja pada Proyek Pengerasan Jalan Hantar di Ampel Gading dengan Metode Lintasan Kritis, Penelitian ini menggunakan *network analysis* metode CPM (*Critical Path Method*) serta menggunakan alat bantu QSB+ dan *Microsoft Office Project*. Sholihah (2006) menerapkan penggunaan *network analysis* dalam

penjadwalan proyek pembangunan gedung UD. Arya Motor, Tulungagung dan Madrasah Aliyah "Khairuddin" Gondanglegi. Dari penelitian yang sudah dilakukan terlebih dahulu didapatkan hasil bahwa penjadwalan proyek pembangunan dapat diselesaikan jauh lebih cepat dari pada perhitungan yang dibuat oleh pihak pelaksana proyek/ perusahaan, sehingga akan menghemat biaya dan waktu dalam penyelesaian proyek tersebut.

Adapun dalam penelitian ini penulis akan menggunakan metode yang lain, yaitu metode Metode CPM (*Critical Path Method*) Model AON, Adapun Kelebihan dari metode ini adalah cocok untuk formulasi, penjadwalan, dan mengelola berbagai kegiatan di semua pekerjaan konstruksi, karena menyediakan jadwal yang dibangun secara empiris, dapat diketahui dengan tingkat kepastian yang tinggi durasi proyek, dapat diketahui kegiatan mana yang kritis yang memerlukan tingkat pengawasan yang ketat, karena pekerjaan yang masuk dalam jalur kritis ini tidak boleh terlambat karena tidak memiliki tenggang waktu (*float time*), memberikan gambaran alur kegiatan proyek secara keseluruhan, dengan diketahuinya lintasan proyek/ *network planning*, maka percepatan durasi proyek akan lebih mudah dilakukan, karena dasar percepatan dan pengendalian proyek adalah *network planning* [11].

## METODOLOGI

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pendekatan kualitatif dengan model penelitian lapangan (*field study*). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan april sampai dengan juli tahun 2022 di proyek pembangunan gedung perpustakaan UIN Malang. Adapun Data-data yang digunakan dalam penyusunan hasil penelitian meliputi data primer dan skunder. Data primer yaitu berupa data jenis kegiatan, durasi kegiatan, data urutan kegiatan dan logika ketergantungan antar kegiatan dalam proyek pembangunan gedung perpustakaan. Sedangkan data skunder merupakan data obyektif yang digunakan oleh penulis dan bersumber dari lokasi objek penelitian. Data yang memuat informasi durasi dan urutan kerja ideal di lapangan. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perlingkupan dan identifikasi jenis-jenis kegiatan penyusun proyek.

Tahap pelingkupan terdiri dari identifikasi kegiatan, pengkodean kegiatan dan penentuan perkiraan durasi kegiatan penyusun proyek. Pada identifikasi kegiatan, hal yang dilakukan adalah memecah lingkup proyek menjadi komponen-komponen kegiatan dengan beberapa tingkat rincian,

kemudian mendaftarkan kegiatan-kegiatan tersebut dalam suatu tabel.. Dalam pelaksanaan proyek pembangunan gedung perpustakaan lingkup proyek terbagi menjadi 2 tahap umum yaitu tahap pekerjaan Sipil dan tahap Arsitektur Interior, serta tahap arsitektur eksterior dan arsitektur kanopi. Setelah identifikasi kegiatan selesai, maka dilakukan pengkodean kegiatan proyek untuk mempermudah proses penentuan waktu. Selanjutnya dilakukan perkiraan waktu penyelesaian masing-masing kegiatan dalam proyek.

b. Tahap Pengorganisasian

Pada tahap pengorganisasian dilakukan penyusunan urutan kegiatan dengan memperhatikan logika ketergantungan antar kegiatan. Logika ketergantungan dibutuhkan pada proses penentuan hubungan tiap-tiap kegiatan dalam proyek, yaitu kegiatan apa yang mendahului dan kegiatan apa yang dilaksanakan sesudahnya. Kesalahan yang timbul pada penyusunan urutan kegiatan akan berakibat fatal bagi keberlangsungan proyek.

c. Analisa network dengan CPM model AON, yang meliputi:

1. Perhitungan maju (*Forward pass*), untuk mencari waktu tercepat dimulai (ES) dan diakhiri (EF) suatu kegiatan.

Notasi yang digunakan dalam *Forward Pass* adalah *ES* (*Early Start*) dan *EF* (*Early Finish*). Proses *Forward Pass* dilakukan dengan menentukan *ES* dan *EF* setiap kegiatan proyek yang dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir [12]. Perhitungan *ES* (*Early Start*) digunakan untuk menjawab pertanyaan, "Kapan waktu tercepat kegiatan-kegiatan dalam proyek pembangunan gedung Perpustakaan UIN Malang dapat dimulai?". Sedangkan *EF* (*Early Finish*) digunakan untuk menjawab pertanyaan, "Kapan waktu tercepat kegiatan-kegiatan dalam proyek pembangunan gedung Perpustakaan UIN Malang dapat diakhiri?". Proses *Forward Pass* diawali dengan menentukan saat dimulainya kegiatan pertama dalam proyek

2. Perhitungan mundur (*Backward pass*), untuk mencari waktu paling lambat dimulai (LS) dan diakhiri (LF) suatu kegiatan.

Notasi yang digunakan dalam *Backward Pass* adalah *LS* (*Late Start*) dan *LF* (*Early Finish*). Proses *Backward Pass* dilakukan dengan menentukan *LS* dan *LF* setiap kegiatan proyek yang dimulai dari kegiatan terakhir sampai kegiatan pertama [10]. Penentuan *LS* digunakan untuk menjawab pertanyaan, "Kapan waktu paling lambat kegiatan-kegiatan dalam proyek pembangunan gedung Perpustakaan UIN Malang dimulai tanpa menunda waktu proyek?".



Sedangkan *LF* digunakan untuk menjawab pertanyaan, "Kapan waktu paling lambat kegiatan - kegiatan dalam proyek pembangunan gedung Perpustakaan UIN Malang diakhiri tanpa menunda waktu proyek?". Proses *Backward Pass* dimulai dengan menentukan saat berakhirnya proyek dan menggabungkan kegiatan-kegiatan tanpa pengikut hingga kegiatan terakhir dalam jadwal.

3. Perhitungan kelonggaran waktu (*Float*), untuk mencari berapa lama suatu kegiatan dapat ditunda (*TF*).  $TF = LF - LS$ .

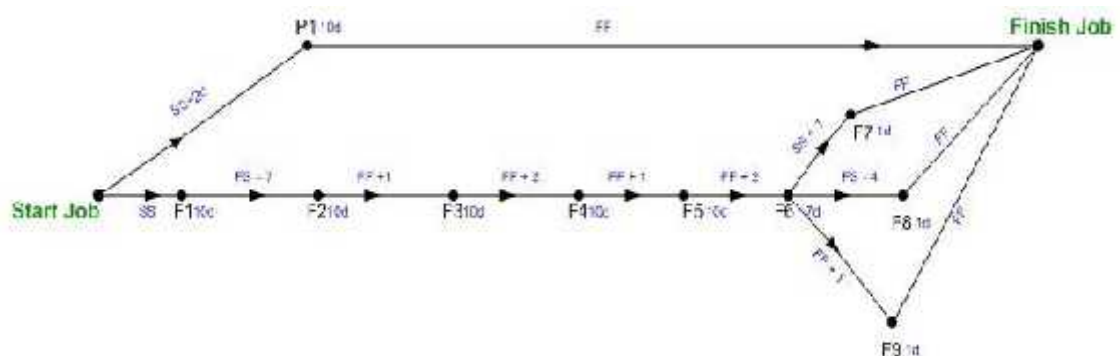
*Float* adalah banyaknya waktu yang diperlukan sehingga kegiatan-kegiatan dalam proyek dimungkinkan untuk ditunda tanpa membuat keseluruhan proyek terlambat waktu penyelesaiannya. Jadi *Float* yang timbul pada jadwal proyek berfungsi menginformasikan berapa lama kegiatan dapat ditunda tanpa mengakibatkan penundaan penyelesaian proyek [8].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari observasi dan pengumpulan data di lapangan berbentuk data nama-nama kegiatan penyusun proyek, durasi, dan logika ketergantungan antar kegiatan dalam proyek pembangunan gedung Perpustakaan.

1. Penerapan *Network Analysis* dengan Metode CPM (*Critical Path Method*) Model AON (*Activity On Node*) Pada Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan
  - a. Perencanaan Kegiatan Dalam Bentuk Diagram Network Model AON

Diagram *network* merupakan sebuah diagram yang menggambarkan hubungan antar kegiatan dalam suatu proyek. Berikut ini adalah perencanaan kegiatan dalam bentuk diagram *network* model AON awal pada proyek pembangunan



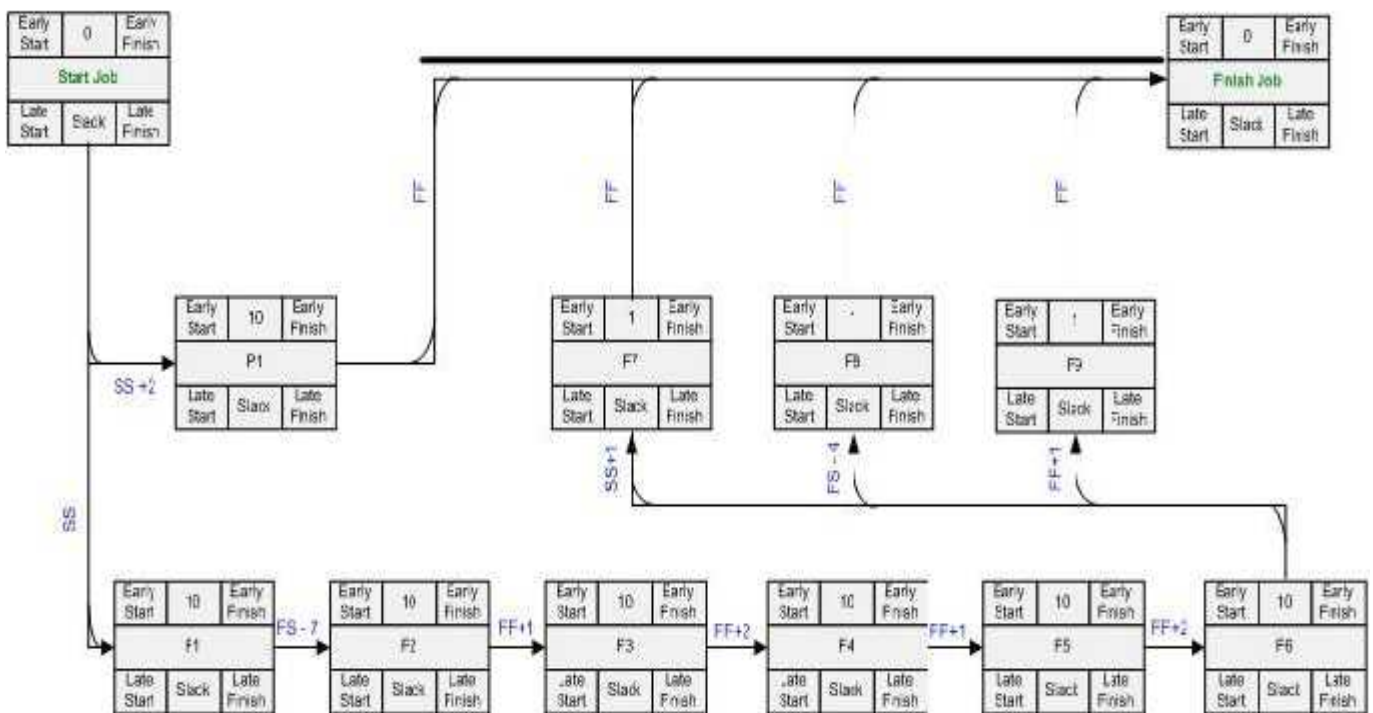
gedung Perpustakaan UIN Malang.

**Gambar 1. Perencanaan Kegiatan dalam Bentuk Diagram Network Model AON pada Tahap Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan**

Dari gambar tersebut terlihat bahwa perencanaan kegiatan proyek pembangunan gedung perpustakaan dimulai dari tahap paling awal sampai tahap paling akhir, dimana urutan kegiatan - kegiatan tersebut adalah: Pembersihan lapangan (P1), Pekerjaan memancang awal (F1), Pemerataan lapangan (F2), Perombakan taang pancang (F3), Pemasangan batu bata pada dinding pondasi (F4), Pencampuran beton (F5), Pemasangan besi (F6), Penuangan Cor pertama (F7), Penuangan Cor kedua (F8), Penuangan Cor ketiga (F9).

Selanjutnya diagram *network* awal tersebut dimodifikasi yang setiap titik *network* disajikan dalam bentuk kotak yang terbagi dalam 7 ruang (selanjutnya disebut sebagai *node*) yang berguna sebagai tempat nama kegiatan.

**Gambar 4.2 Perencanaan Kegiatan dalam Bentuk Diagram Network Model AON (Hasil Modifikasi) pada Tahap Awal Proyek Pembangunan Library UIN Malang**



**Keterangan**

- P1 - Pembersihan lapangan
- F1 - pekerjaan memancang awal
- F2 - Pemerataan lapangan
- F3 - Perombakan taang pancang
- F4 - Pemasangan batu bata pada dinding pondasi
- F5 - Pencampuran beton
- F6 - Pemasangan besi
- F7 - Penuangan Cor pertama
- F8 - Penuangan Cor kedua
- F9 - Penuangan Cor ketiga

**Gambar 2. Perencanaan Kegiatan dalam Bentuk Diagram Network Model AON Pada Tahap Awal Proyek pembangunan Perpustakaan UIN Malang**

**b. Forward Pass (Perhitungan Maju)**

Notasi yang digunakan dalam *Forward Pass* adalah *ES* (*Early Start*) dan *EF* (*Early Finish*). Proses *Forward Pass* diawali dengan menentukan saat dimulainya kegiatan pertama dalam proyek. Dari gambar 2 terlihat bahwa kegiatan awal proyek merupakan kegiatan *start job* dengan durasi 0. Karena telah diketahui kapan proyek dimulai, maka waktu tercepat dimulainya kegiatan pertama pada hari ke-0 atau pada hari pertama sebelum kegiatan awal dimulai tepatnya sebelum atau tepat pukul 08.00 WIB tanggal 29 Juli 2022. Maka ,

$$ES (\text{Start Job}) = 0$$

$$EF (\text{Start Job}) = ES (\text{Start Job}) + \text{Durasi} (\text{Start Job}) = 0 + 0 = 0$$

Setelah *ES* dan *EF* untuk kegiatan *Start Job* selesai dari gambar 2 terlihat derajat keluar dari *node* *Start Job* berjumlah 2. Hal ini berarti kegiatan pengikut *Start Job* adalah 2 kegiatan yaitu kegiatan P1 dan F1 . Urutan kegiatan *Start Job* dan P1 adalah *SS* (*Start to Start*). Maka,

$$ES (P1) = ES (\text{Start Job}) + \text{Lag time} = 0 + 3 = 3 \quad EF (P1) = ES (P1) +$$

$$\text{durasi} (P1) = 3 + 10 = 13 \quad ES (F1) = ES (\text{Start Job}) = 0$$

$$EF (F1) = ES (\text{Start Job}) + \text{Durasi} = 0 + 10 = 10$$

Informasi yang dapat di dapat dari perhitungan di atas adalah waktu tercepat dapat dimulainya kegiatan P1 adalah adalah hari ke - 3 pukul 17.00. hal ini berarti kegiatan P1 paling cepat dapat dimulai tepat hari ke- 4 dari jadwal proyek. Sedangkan waktu tercepat diakhirinya kegiatan P1 pada hari ke-13 dari jadwal proyek. Waktu tercepat dimulainya kegiatan F1 bersamaan dengan dimulainya *Start Job*. Sedangkan waktu tercepat diakhirinya kegiatan F1 adalah hari ke- 10 dari jadwal proyek yaitu 10 hari setelah waktu tercepat dimulainya *Start Job*. Dari gambar 2 terlihat kegiatan F2 merupakan kegiatan pengikut dari F1 dengan urutan kegiatan *FS* (*Finish to Start*). Maka,

$$ES (F2) = EF (F1) - \text{lead time} \quad 10 - 7 = 3$$

$$EF (F2) = ES (F2) + \text{durasi} (F2) = 3 + 10 = 13$$

Perhitungan di atas menginformasikan bahwa waktu tercepat dimulainya F2 adalah hari ke- 4 dan waktu tercepat diselesaikan kegiatan F2 pada hari ke- 13 dari jadwal proyek bertepatan dengan waktu tercepat diakhiri P1. Dari gambar 2 terlihat kegiatan F3, F4, F5 dan F6 yang masing- masing mempunyai urutan kegiatan *FF* (*Finish to Finish*). Maka,



$$ES (F3) = EF (F2) - \text{lead time} (F3,F2) = 13 - 9 = 4 \quad EF (F3)$$

$$= ES (F3) + \text{durasi} (F3) = 4 + 10 = 14$$

$$ES (F4) = EF (F3) - \text{Lead time} (F4,F3) = 14 - 8 = 6 \quad EF (F4)$$

$$= ES (F4) + \text{durasi} = 6 + 10 = 16$$

$$ES (F5) = EF (F4) - \text{lead time} (F5,F4) = 16 - 9 = 7 \quad EF (F5) =$$

$$ES (F5) + \text{durasi} (F5,F4) = 7 + 10 = 17 \quad ES (F6) = EF (F5) -$$

$$\text{lead time} (F6,F5) = 17 - 5 = 12 \quad EF (F6) = ES (F6) + \text{durasi}$$

$$(F6) = 12 + 7 = 19$$

Dari gambar 2 terlihat derajat keluar dari *node* F6 adalah 3. Hal ini berarti kegiatan pengikut dari F6 terdiri dari kegiatan F7, F8 dan F9 dengan urutan kegiatan masing-masing SS+1, FS - 4 dan FF+1 dengan F6. Maka,

$$ES (F7) = ES (F6) + \text{lag time} (F6,F7) = 12 + 1 = 13$$

$$ES (F7) = ES (F7) + \text{durasi} (F7) = 13 + 1 = 14$$

$$ES (F8) = EF (F6) - \text{lead time} = 19 - 4 = 15$$

$$EF (F8) = ES (F8) + \text{durasi} (F8) = 15 + 1 = 16$$

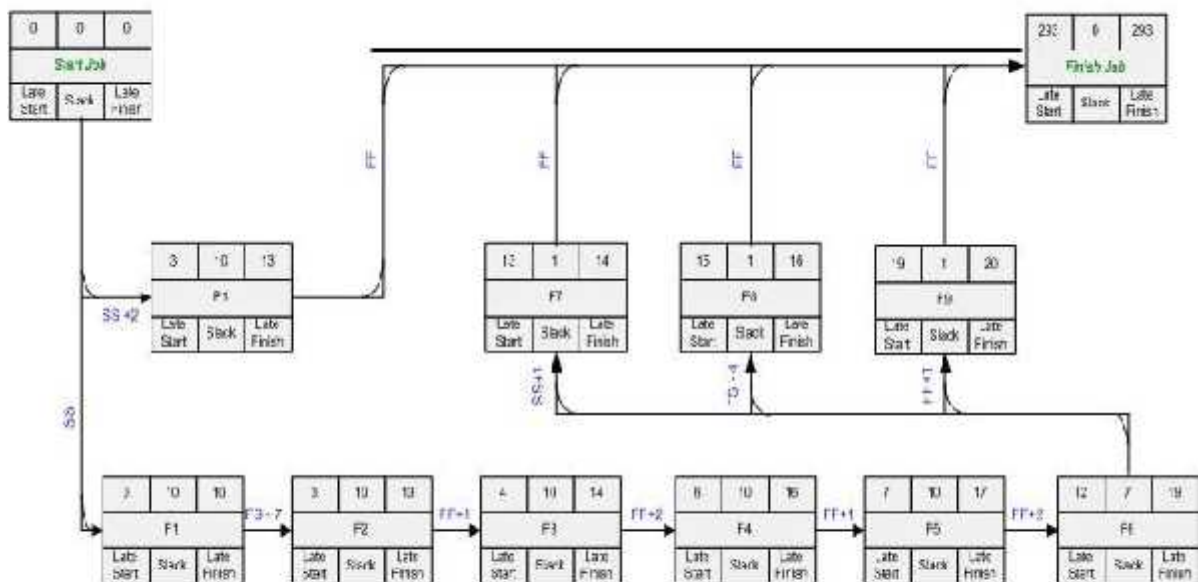
$$ES (F9) = EF (F6) - \text{lead}$$

$$\text{time} = 19 - 0 = 19 \quad EF (F9) = ES (F9) + \text{durasi} (F9) =$$

$$19 + 1 = 20$$

Selanjutnya untuk perhitungan *node Finish Job* ES (*Early Start*) diperoleh dari

Gambar 4.3 Network tahap awal proyek pembangunan Library UIN Malang dengan Forward Pass telah selesai

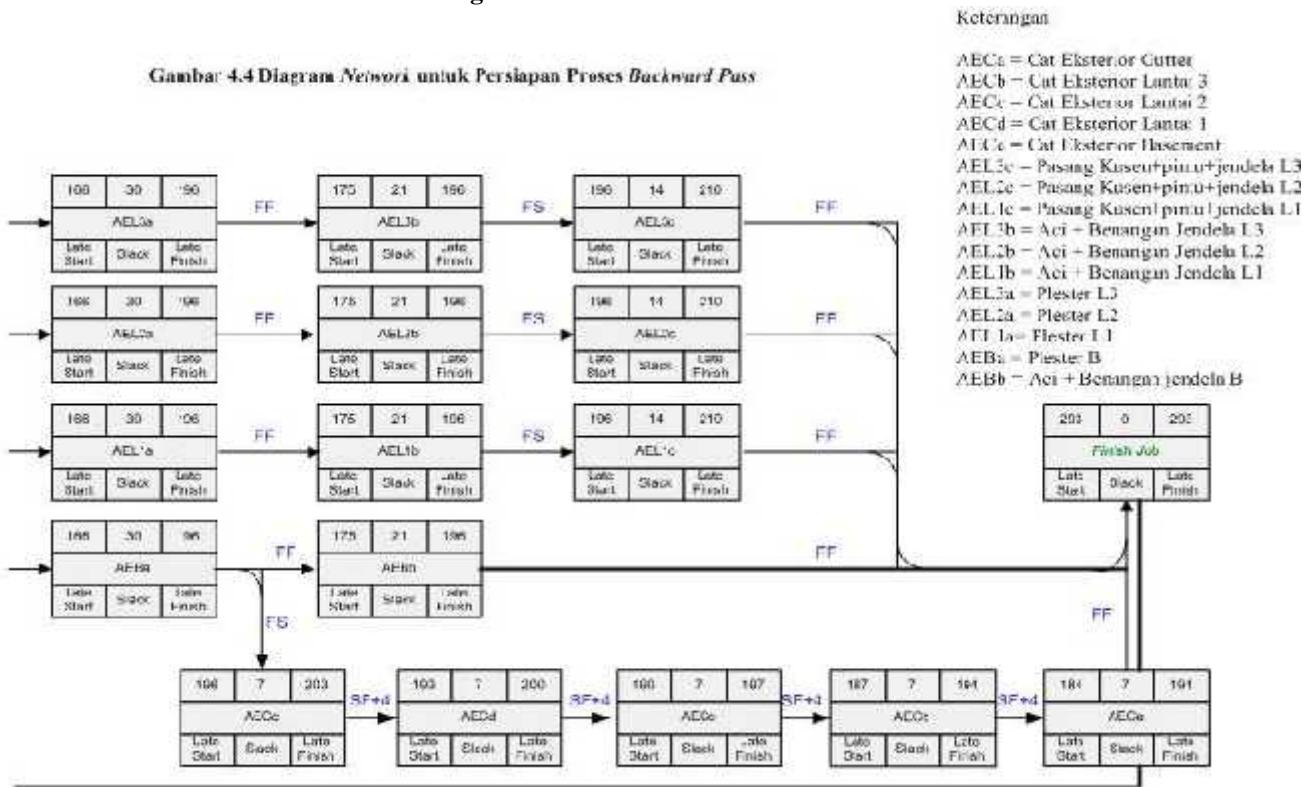


Keterangan

- P1 = Pembersihan lapangan
- F1 = pekerjaan menambang awal
- F2 = Pengerukan lapangan
- F3 = ?
- F4 = Demasangan batu bata pada dinding pondasi
- F5 = Pemasangan beton
- F6 = Pemasangan besi
- F7 = Pentaangan Cor pertama
- F8 = Pentaangan Cor kedua
- F9 = Pentaangan Cor ketiga

nilai maksimum waktu tercepat dari node - node kegiatan pendahulu *Finish Job* dengan urutan kerja FF (*Finish to Finish*) sebagaimana kegiatan P1, F7, F8 dan F9 yang mempunyai urutan kegiatan FF (*Finish to Finish*) dengan *Finish Job*. Dari perhitungan pada *Forward pass* yang sudah selesai ES (*Finish Job*) =293, EF (*Finish Job*) =293

Gambar 3. Network Tahap Awal Proyek Pembangunan Perpustakaan UIN Malang Dengan Forward Pass Telah Selesai



Gambar 4. Diagram Network Untuk Persiapan Proses Backward Pass

c. **Backward Pass (Perhitungan Mundur)**

Notasi yang digunakan dalam *Backward Pass* adalah *LS* (*Late Start*) dan *LF* (*Early Finish*). Proses *Backward Pass* dilakukan dengan menentukan *LS* dan *LF* setiap kegiatan proyek yang dimulai dari kegiatan terakhir sampai kegiatan pertama. Proses *Backward Pass* dimulai dengan menentukan saat berakhirnya proyek. Dari gambar 4 terlihat bahwa kegiatan akhir proyek merupakan kegiatan *finish job*. Karena penyusunan penjadwalan menginginkan proyek dapat dikerjakan atau diselesaikan sesegera mungkin, maka

$$\begin{aligned} LF (\textit{Finish Job}) &= EF \textit{ maksimum kegiatan pendahulu} \\ &= EF (AKC) = 293 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LS (\textit{Finish Job}) &= LF (\textit{Finish Job}) - \textit{Durasi (Finish Job)} \\ &= 293 - 0 = 293 \end{aligned}$$

Sekarang akan dihitung *LF* setiap kegiatan pendahulu *Finish Job*.

$$\begin{aligned} LF (AECa) &= LS (\textit{Finish Job}) = \\ 293 & \\ LF (AEL3c) &= LS (\textit{Finish Job}) = 293 \\ LF (AEL2c) &= LS (\textit{Finish Job}) = 293 \\ (AEL1c) &= LS (\textit{Finish Job}) = 293 \end{aligned}$$

Maksud dari hasil perhitungan *LF* keempat kegiatan tersebut menginformasikan bahwa waktu paling lambat diakhirinya keempat kegiatan tersebut tanpa menunda penyelesaian proyek ialah pada hari ke-293 dari jadwal proyek. Selanjutnya akan dihitung waktu *LS* dari keempat kegiatan tersebut.

*Late Start (LS)* suatu kegiatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus waktu *Late Finish* kegiatan tersebut dikurangi dengan durasi kegiatan tersebut.

Maka,

$$\begin{aligned} LS (AECa) &= LF (\textit{Finish Job}) - \textit{Durasi (AECa)} \\ &= 293 - 7 = 286 \\ LS (AEL3c) &= LF (\textit{Finish Job}) - \textit{Durasi (AEL3c)} \\ &= 293 - 14 = 279 \\ LS (AEL2c) &= LF (\textit{Finish Job}) - \textit{Durasi (AEL2c)} \\ &= 293 - 14 = 279 \\ LS (AEL1c) &= LF (\textit{Finish Job}) - \textit{Durasi (AEL1c)} \\ &= 293 - 14 = 279 \\ &= 477 - 26 = 456 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut menginformasikan bahwa keempat kegiatan tersebut mempunyai nilai *LF* dan *LF* sama dengan kegiatan (*AECa*), karena hubungan *SF (Start to Finish)* mempunyai arti kegiatan baru boleh diakhiri jika kegiatan sebelumnya dimulai. Informasi penting yang diperoleh adalah  $LF \{(AECb), (AECc), (AECd), (AECe)\} = LF (AECa) = 293$  sedangkan *LS* dari keempat kegiatan tersebut =  $LS (AECa) = 286$ .

Sekarang akan dihitung *LS* dan *LF* untuk kegiatan - kegiatan yang mempunyai tepat satu pengikut dengan urutan kegiatan *FS (Finish to Start)* yaitu kegiatan (*AEL3b*), (*AEL2b*), dan (*AEL1b*). Maka,

$$\begin{aligned} LF (AEL3b) &= LS (AEL3a) = 279 \\ (AEL2b) &= LS (AEL2a) = 279 \\ (AEL1b) &= LS (AEL1b) = 279 \end{aligned}$$

Informasi penting yang didapat adalah waktu paling lambat diakhirinya kegiatan *AEL3b*, *AEL2b* dan *AEL1b* bersamaan dengan waktu paling lambat pengikutnya dimulai yaitu hari ke- 279 dari jadwal proyek. Selanjutnya menentukan LS dari kegiatan- kegiatan tersebut

$$\begin{aligned}LS(AEL3b) &= LF(AEL3b) - \text{Durasi}(AEL3b) = 279 - 21 = 258 \\LS(AEL2b) &= LS(AEL2b) - \text{Durasi}(AEL2b) = 279 - 21 = 258 \\LS(AEL1b) &= LS(AEL1b) - \text{Durasi}(AEL1b) = 279 - 21 = 258.\end{aligned}$$

Waktu paling lambat dari ketiga kegiatan di atas adalah hari ke- 258 pukul 17.00 atau hari ke- 259 dari jadwal proyek.

Selanjutnya perhatikan kembali Gambar 4, terlihat bahwa kegiatan *AEL3a*, *AEL2a*, *AEL1a* mempunyai urutan kegiatan *FF* (*Finish to Finish*) dengan masing-masing kegiatan pengikutnya. Sehingga,

$$\begin{aligned}LF(AEL3a) &= LF(AEL3b) = 279 \\LS(AEL3a) &= 279 - \text{Durasi}(AEL3a) = 279 - 30 = 249 \\LF(AEL2a) &= LF(AEL2a) = 279 \\LS(AEL2a) &= 279 - \text{Durasi}(AEL2a) = 279 - 30 = 249 \\LF(AEL1a) &= LF(AEL1a) = 279 \\LS(AEL1a) &= 279 - \text{Durasi}(AEL1a) = 279 - 30 = 249\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas menginformasikan bahwa waktu paling lambat diakhirinya ketiga kegiatan diatas adalah hari ke-279. Sedangkan waktu paling lambat dimulainya kegiatan adalah hari ke- 249 pukul 17.00 atau hari ke- 250 dari jadwal proyek.

Sekarang akan kita hitung LF dan LS dari kegiatan (*AEBa*), karena kegiatan (*AEBa*) mempunyai pengikut lebih dari satu yaitu kegiatan (*AEBb*) dan (*AECe*) dengan urutan kegiatan *FF* (*Finish to Finish*) dan *FS* (*Finish to Start*). Maka,

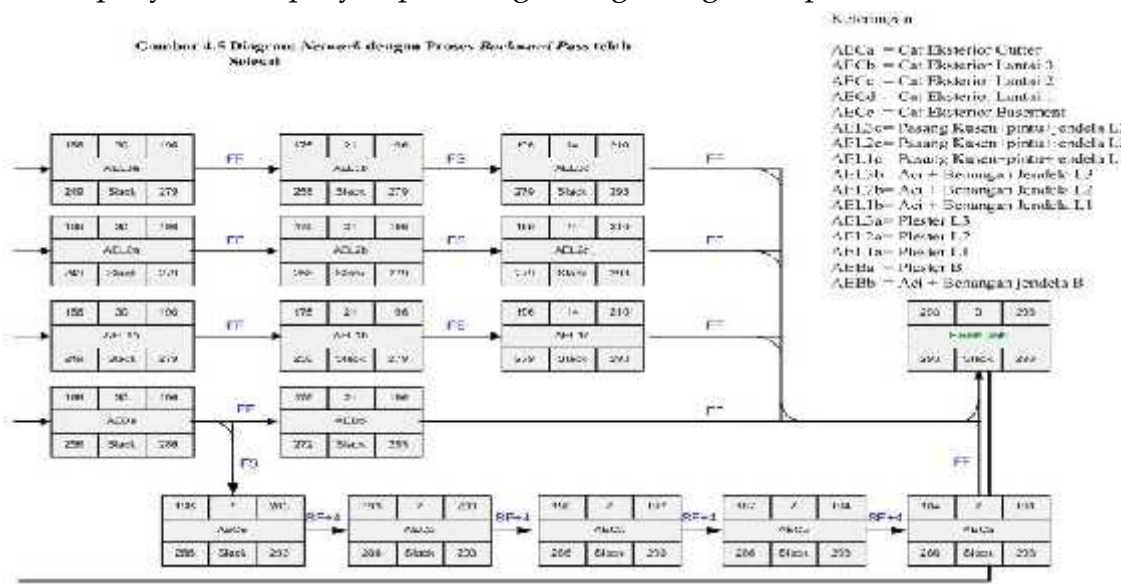
$$\begin{aligned}LF(AEBa) &= \text{Min} \{ LS(AECe), LF(AEBb) \} \\&= \text{Min} \{ 286, 272 \} = 286 \\LS(AEBa) &= 286 - \text{Durasi}(AEBa) = 286 - 30 = 256\end{aligned}$$

Hal tersebut menginformasikan bahwa waktu paling lambat diakhirinya kegiatan (*AEBa*) pada hari ke- 286 dari jadwal proyek dan waktu paling lambat diawali kegiatan (*AEBa*) pada hari ke- 256 pukul 17.00 atau pada hari ke- 257 dari jadwal proyek.

Kemudian dilanjutkan proses tersebut sampai *node* awal *network*. Proses perhitungan *Backward Pass* telah selesai apabila setiap kegiatan memiliki waktu *LS* dan waktu *LF* nya masing-masing, dan dimasukkan setiap nilai yang dihasilkan

dari perhitungan tersebut ke dalam kotak diagram *network* yang telah dibuat pada Gambar 4 (Hasil dari langkah ini dapat dilihat pada Gambar 5).

Dengan melihat hasil perhitungan *Backward Pass* (Gambar 5) didapatkan jawaban, waktu paling lambat dimulainya kegiatan Cat Eksterior Lantai 3 sedemikian sehingga tidak menunda waktu penyelesaian proyek pembangunan gedung ialah pada hari ke-286 dari jadwal proyek dan waktu paling lambat diakhirinya kegiatan Cat Eksterior Lantai 3 sedemikian sehingga tidak menunda waktu penyelesaian proyek pembangunan gedung ialah pada hari ke-293.



**Gambar 5. Diagram Network Dengan Proses Backward Pass Telah Selesai**

**d. Perhitungan *Float Time* (Kelonggaran Waktu)**

*Float* adalah banyaknya waktu yang diperlukan sehingga kegiatan - kegiatan dalam proyek dimungkinkan untuk ditunda tanpa membuat keseluruhan proyek terlambat waktu penyelesaiannya. Nilai *Float* untuk kegiatan X (dalam hal ini *Total Float*) didapatkan dengan rumus  $TF(X) = LF(X) - EF(X)$ .

Berikut contoh dari masing-masing *Float* untuk beberapa kegiatan dalam diagram *network* tersebut.

$$\begin{aligned}
 TF(\text{Finish Job}) &= LF(\text{Finish Job}) - EF(\text{Finish Job}) \\
 &= 293 - 293 = 0 \\
 TF(AECa) &= LF(AECa) - EF(AECa) \\
 &= 293 - 191 = 102 \\
 TF(AECb) &= LF(AECb) - EF(AECb) \\
 &= 293 - 194 = 99
 \end{aligned}$$

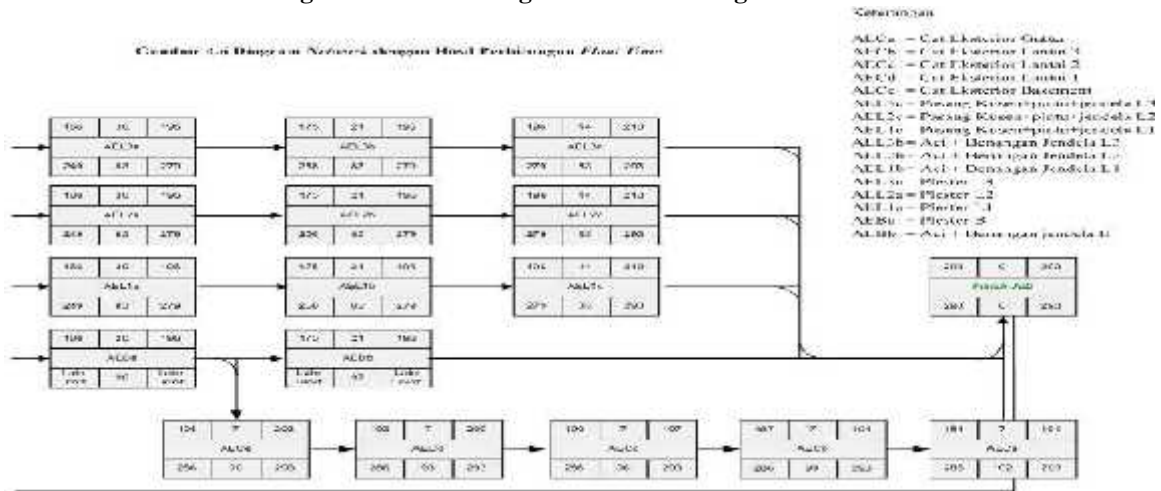


$$\begin{aligned}
 TF (AECc) &= LF (AECc) - EF (AECb) \\
 &= 293 - 197 = 96 \\
 TF (AECd) &= LF (AECd) - EF (AECd) \\
 &= 293 - 200 = 93 \\
 TF (AECe) &= LF (AECe) - EF (AECe) \\
 &= 293 - 203 = 90
 \end{aligned}$$

Perhatikan pada perhitungan *Float Time* untuk kegiatan *AECd* (Cat Eksterior lantai 1). Hasil perhitungan tersebut menginformasikan bahwa banyaknya waktu penundaan yang diperbolehkan untuk kegiatan tersebut sedemikian sehingga tidak menunda penyelesaian keseluruhan proyek sebesar 93 hari (dari nilai  $TF = 93$ ). Jadi kegiatan Cat Eksterior lantai 1 dimungkinkan durasi pelaksanaannya melebihi durasi yang telah direncanakan sebelumnya (7 hari), dengan syarat durasi kegiatan tersebut tidak melebihi 93 hari.

Kemudian masukkan nilai *TF* setiap kegiatan kedalam *node* diagram *network* pada kolom *Totalslack*. Gambar 6 merupakan contoh dari diagram *network* dengan proses perhitungan *Float Time* telah selesai dilakukan.

**Gambar 6. Diagram Network Dengan Hasil Perhitungan Float Time**



**Gambar 6. Diagram Network Dengan Hasil Perhitungan Float Time**

Dengan melihat hasil perhitungan *Float Time* didapatkan jawaban, " Lamanya waktu penundaan dimulainya kegiatan Cat Kanopi (*AKC*) sedemikian sehingga tidak menunda waktu penyelesaian proyek adalah 0 hari, yang berarti kegiatan ini tidak mempunyai kelonggaran waktu, akibatnya pelaksanaan kegiatan ini tidak boleh ditunda karena penundaan akan mengakibatkan penundaan waktu penyelesaian proyek .

Penerapan *network analysis* menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) model AON (*Activity On Node*) pada penjadwalan proyek pembangunan gedung perpustakaan menghasilkan 17 kegiatan yang termasuk dalam lintasan kritis, sehingga 17 kegiatan tersebut akan mendapatkan prioritas dan kontrol yang lebih ketat karena penundaan akan mengakibatkan keterlambatan waktu penyelesaian proyek.

Dari hasil perhitungan menggunakan metode CPM model AON didapatkan panjang lintasan kritis pada proyek pembangunan gedung perpustakaan (lintasan terpanjang dalam proyek) adalah 293 hari, yang berarti waktu optimal untuk menyelesaikan proyek pembangunan gedung perpustakaan tersebut selama 293 hari.

## SIMPULAN

Penjadwalan proyek pembangunan gedung perpustakaan UIN Malang disusun berdasarkan data identifikasi serta mengikuti logika ketergantungan kegiatan yang melibatkan lag/lead time sehingga penjadwalan yang dibuat dapat mewakili pelaksanaan di lapangan.

Dalam menentukan waktu optimal penjadwalan proyek tersebut digunakan *network analysis* dengan metode CPM (*Critical Path Method*) model AON (*Activity On Node*) yang meliputi beberapa tahapan, yaitu :

1. Mengidentifikasi dan menentukan urutan kerja sesuai dengan logika ketergantungan masing-masing kegiatan penyusun proyek
2. Menyusun dalam bentuk diagram jaringan (*network*) yaitu bentuk *digraph* kegiatan proyek mulai dari awal sampai akhir sebagai representasi pelaksanaan kegiatan proyek secara keseluruhan.
3. Analisa *network* yang sudah terbentuk sesuai dengan urutan kegiatan.
4. Melakukan perhitungan maju (*forward pass*), perhitungan mundur (*backward pass*), dan perhitungan kelonggaran waktu (*total slack*).

Selain itu penulis menggunakan alat bantu berupa microsoft project untuk membandingkan hasil penjadwalan pembangunan. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil:

1. Dari perhitungan manual diperoleh waktu optimal penjadwalan proyek pembangunan gedung perpustakaan selama 293 hari.
2. Menggunakan alat bantu *Microsoft Office Project* didapatkan hasil waktu optimal penjadwalan proyek pembangunan gedung perpustakaan selama 293 hari.
3. Hasil analisa dengan metode CPM (*Critical Path Method*) mendapatkan dari 298 kegiatan penyusun proyek, 17 diantaranya merupakan kegiatan kritis yang

pada pelaksanaannya tidak boleh ada penundaan.

4. Melalui penerapan *network analysis* metode CPM model AON, dapat diketahui waktu tercepat atau terlambat suatu kegiatan dapat dimulai atau diakhiri, besarnya kelonggaran waktu penundaan yang diperbolehkan untuk suatu kegiatan dan kegiatan kritis, sehingga dapat diketahui waktu optimal penyelesaian proyek.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Berutu, Adestin, Sin, " Penerapan Manajemen Kontruksi. Microsoft Project 2003," Yogyakarta. Penerbit Andi.2005
- [2] Kusrianto, Adi, " *Panduan Lengkap Memakai Microsoft Office Project 2003,*" Jakarta. PT. Elex Media Komputindo.2005
- [3] Levin, R.I & Kikpatrick, C," *Perencanaan dan Pengendalian dengan PERT dan CPM, seri Manajemen No. 5.* Jakarta. Penerbit Balai Aksara.1977.
- [4] Prasetyo, Joko Sholeh, "*Analisa Sistem Manajemen Konstruksi pada Pembangunan Hotel Mutiara 2 Malang,*" Proyek Akhir Program Studi D-3 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang.2003.
- [5] Viandri, Yovita, "*Perencanaan Jaringan Kerja pada Proyek Pengerasan Jalan Hantar di Ampel Gading dengan Metode Lintasan Kritis,*" Skripsi Program Studi S-1 Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang. 2003.
- [6] Sholihah, Miftahus,"*Network Analysis Model Aon dan Penerapannya pada Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung RSD Blitar,*". Skripsi Program Studi S-1 Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang.2007
- [7] Zkikril Auliya,"*Penerapan Metode CPM (Critical Path Method) Pada proyek Konstruksi pembangunan bendungan Lau-Simeme Paket II Kab. Deli Serdang,*" Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.2021.
- [8] Imawo, Ezekiel. Jermias Tjakra,"*Penerapan Metode CPM Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haezar manado),*" Jurnal Sipil Statik Vol.4, No.9 , pp. 551-558, 2016
- [9] Wahyudi, Dody," *Analisa Manajemen Waktu Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Menggunakan Metode Activity On Node (AON),*" Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Kasim Riau Pekanbaru. 2011.
- [10] Kusuma Wardhani, Rini Wijaya. Kastawan Mandala," Penerapan Network Planning Pada Proyek Pembangunan Perumahan Mutiara Residence Di Desa Pengambangan Kabupaten Jembrana," E-Jurnal Manajemen Unud, Vol. 7, No. 12, pp. 6731 – 6758, 2018.
- [11] Syaiful, Ahmad," *Analisis Penjadwalan Ulang Dengan Menggunakan Metode Pert (Studi Kasus Hotel Bayangkara).* Program Studi Teknik Sipil. UII Yogyakarta.2018.
- [12] Siregar, Nuriyah Marin, Bangun Pasaribu," *Evaluasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Critical Path Method (CPM) Pada Proyek Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang,*" Buletin Utama Teknik Vol. 16, No. 3, 2021.