

Manfaat Penerapan Metode AON (*Activity On Node*) untuk Penjadwalan Proyek Bangunan Bertingkat Tinggi

(Benefits of Implementing AON (Activity On Node) Method for Scheduling High-rise Building Project)

Rachmi Yanita^{*}, Intan F. Ningrum, Krishna Mochtar

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Indonesia,
Jl. Raya Puspipetek, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten 15320

Abstrak

Pelaksanaan proyek konstruksi dinilai berdasarkan terealisasinya pembangunan sesuai mutu, waktu dan biaya di dalam dokumen perencanaan. Untuk memonitor pelaksanaan, diperlukan metode penjadwalan yang dapat menggambarkan kaitan antar kegiatan dengan waktu pelaksanaan, sehingga pekerjaan dapat selesai sesuai target durasi yang ditentukan dalam kontrak konstruksi. Dikenal dua metode pada penjadwalan jalur kritis yaitu Activity On Arrow (AOA) dan Activity On Node (AON) dimana AOA lebih banyak digunakan di proyek padahal AON mempunyai kelebihan yaitu dengan 4 hubungan antar kegiatan dengan simbol kegiatan pada kotak, sedang AOA hanya 1 macam dengan symbol kegiatan pada tanda panah. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan manfaat penggunaan AON daripada AOA dengan melakukan penjadwalan menggunakan kedua metode tersebut pada skedul rencana pelaksanaan konstruksi suatu bangunan bertingkat tinggi di Banten, menggunakan software Microsoft Project (MS Project), dan dianalisis perbedaannya. Pada MS Project AOA dikenal dengan Activity Diagram Method dan AON dikenal dengan Precedence Diagram Method. Dari hasil analisis perbandingan diperoleh bahwa dengan AOA diperoleh 74 kegiatan dan 48 kegiatan dengan AON dengan durasi dan kegiatan kritis yang sama di kedua metode. Diagram AON lebih dapat menggambarkan hubungan kegiatan lebih baik dan sederhana dengan jumlah efisiensi kegiatan 35%.

Kata Kunci: AOA, AON, hubungan antar kegiatan, metode penjadwalan

Abstract

The construction project is assessed based on the realization of the construction according to the quality, time and cost in the planning document. To monitor implementation, a scheduling method is needed that can describe the relationship between activities and implementation time, so that the work can be completed according to the target duration specified in the construction contract. Two methods are known in scheduling critical paths, namely Activity On Arrow (AOA) and Activity On Node (AON) where AOA is more widely used in projects, whereas AON has the advantage of 4 relationships between activities with activity symbols on the box, while AOA is only 1 type with symbol of the activity on the arrow. The purpose of this study is to obtain the benefits of using AON rather than AOA by scheduling using the two methods on the schedule of the construction of a high-rise building in Banten, using Microsoft Project (MS Project) software, and analyzing the differences. In MS Project AOA is known as the Activity Diagram Method and AON with the Precedence Diagram Method. From the comparative analysis results obtained that with AOA obtained 74 activities and 48 activities with AON with the same duration and critical activities in both methods. The AON diagram can better illustrate the relationship between activities that are simpler and simpler with a total efficiency of 35%.

Keyword: AOA, AON, relationship between activities, scheduling method

^{*}Penulis Korespondensi. Telp: +62 81212603239

Alamat E-mail: rachmi.yanita@iti.ac.id (Rachmi Yanita)

1. Pendahuluan

Pelaksanaan proyek adalah proses merubah masukan berupa kegiatan dan sumber daya menjadi keluaran seperti yang sudah direncanakan didalam kerangka logis. Keberhasilan pelaksanaan proyek ditentukan oleh tiga aspek yaitu biaya, mutu dan waktu, sehingga harus dipersiapkan dengan rinci tentang kegiatan dan sumber daya yang terkait hingga pekerjaan selesai. Dikenal 2 metode penjadwalan sistem jaringan (*Network*) yaitu *CPM* (*Critical Path Method*) dan *PERT* (*Program Evaluation Review Technique*) dimana *CPM* bermanfaat untuk menunjukkan hubungan timbal balik antara waktu penyelesaian dan pembiayaan proyek dan ketergantungan antara kegiatan Terdapat 2 metode pada *CPM* yaitu *AOA* dan *AON* dimana *AOA* lebih banyak digunakan untuk penjadwalan proyek konstruksi, padahal *AON* mempunyai kelebihan karena mempunyai 4 macam hubungan antar kegiatan yaitu S(Start)–S(Start), S–F(Finish), F–S, dan F–F sehingga dapat menggambarkan logis hubungan antar kegiatan dengan lebih baik dibanding *AOA* yang hanya mempunyai hubungan kegiatan F–S saja [1].

Menurut Safitri (2019) *AON/Precedence Diagram Method* (*PDM*) lebih efektif digunakan untuk optimasi jadwal proyek dibanding *AOA* [2]. Sedang menurut Nicholas (2008), *AON* lebih simpel dan mudah dimengerti karena tanpa pekerjaan *dummie*, namun *AOA* menggunakan anak panah sebagai simbol kegiatan, menjadi lebih menggambarkan alur kegiatan seperti diagram batang [3]. Karena sampai saat ini *AOA* lebih banyak digunakan pada proyek konstruksi, maka pada penelitian ini akan diteliti penerapan *AON* dan *AOA* pada penjadwalan rencana suatu bangunan bertingkat untuk di analisis tentang jumlah kegiatan yang dihasilkan sehingga diperoleh apa manfaatnya.

2. Teori Dasar

Proyek merupakan rangkaian kegiatan yang mempunyai dimensi waktu, fisik dan biaya guna mewujudkan gagasan serta mendapatkan tujuan tertentu. Secara garis besar ada beberapa metode diagram penjadwalan yang cukup kenal dalam penjadwalan proyek diantaranya :

- Diagram Batang / *Gantt Chart*
- Penjadwalan Linier
- Diagram Jaringan / *Network Diagram*

Diagram Jaringan

Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode *Bar Chart*, karena dapat memberikan jawaban atas pertanyaan-pertanyaan

yang belum terpecahkan oleh metode tersebut. Jaringan kerja merupakan metode yang mampu menyuguhkan teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan proyek, dan selanjutnya dapat memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan [4]. Simbol dan notasi yang digunakan dalam menggambarkan jaringan kerja adalah sebagai berikut [5]:

1. Anak panah \longrightarrow

Anak panah menggambarkan kegiatan (*Activity*), arah anak panah menunjukkan arah kegiatan, sehingga dapat diketahui kegiatan yang mendahului (*Preceding activity*) dan kegiatan yang mengikuti (*succeeding activity*). Suatu aktivitas baru dapat dimulai jika preceding event sudah selesai dikerjakan.

2. Lingkaran \bigcirc

Lingkaran (*Node*) menggambarkan peristiwa (*event*). Setiap kegiatan selalu dimulai dengan suatu peristiwa dan diakhiri dengan suatu peristiwa juga, yaitu peristiwa mulainya kegiatan dan peristiwa selesainya kegiatan itu.

3. Anak panah terputus putus (*Dummy*) $- - \longrightarrow$

Dummy menunjukkan suatu kegiatan semu yang diperlukan untuk menggambarkan adanya hubungan diantara kedua kegiatan. Mengingat *dummy* merupakan kegiatan semu maka lama kegiatan *dummy* adalah nol.

Activity On Arrow (AOA)

AOA atau *Arrow Diagram Method* (*ADM*) terdiri dari anak panah dan lingkaran/persegi empat. Anak panah menggambarkan kegiatan/aktivitas, sedangkan lingkaran/segiempat menggambarkan kejadian (*event*). Kejadian (*event*) diawal anak panah disebut "I", sedangkan kejadian (*event*) di akhir anak panah disebut node "J".

Setiap *activity on arrow* merupakan satu kesatuan dari seluruh kegiatan sehingga kejadian (*event*) "J" kegiatan sebelumnya juga merupakan kejadian (*event*) "I" kegiatan berikutnya. Bentuk diagram ini juga disebut I-J diagram (gambar 1) [6].



Gambar 1. Diagram AOA [7]

Dimana:

i j : Nomor peristiwa

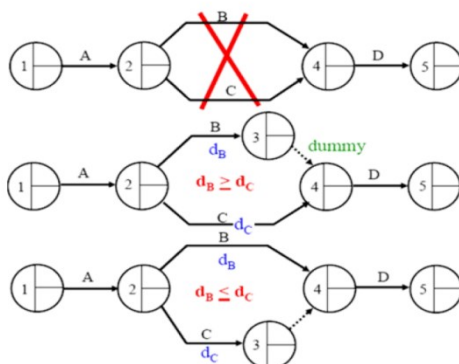
- X : Nama kegiatan
 EET : *Earliest Event Time* (Saat Paling Awal Kegiatan)
 LET : *Latest Event Time* (Saat Paling Lambat Kegiatan)
 Y : Durasi kegiatan
 ES : *Earliest Start Time* (Saat paling cepat untuk mulai kegiatan)
 EF : *Earliest Finish Time* (Saat paling cepat untuk akhir kegiatan)
 LS : *Latest Start Time* (Saat paling lambat untuk awal kegiatan)
 LF : *Latest Finish Time* (Saat paling cepat untuk akhir kegiatan)

Metode ini mempunyai karakteristik sebagai berikut [7]:

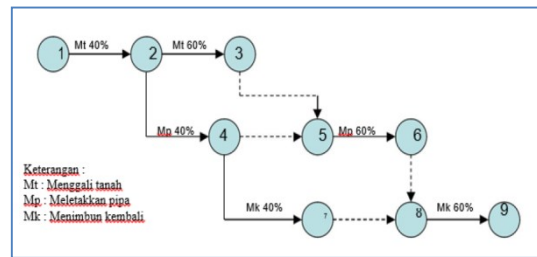
- Diagram *network* dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan *node*-nya menggambarkan peristiwa/*event*. *Node* pada permulaan anak panah ditentukan sebagai I-Node, sedangkan pada akhir anak panah ditentukan sebagai J-Node.
- Menggunakan perhitungan maju untuk memperoleh waktu mulai paling awal (EETi) pada I-Node dan waktu mulai paling awal (EETj) pada J-Node dari seluruh kegiatan dengan mengambil nilai maksimumnya. Di sini berlaku pengertian bahwa waktu paling awal peristiwa terjadi adalah = 0. Adapun perhitungannya adalah :

$$EET_j = EET_i + \text{durasi X} \dots\dots\dots (II.1)$$
- Menggunakan perhitungan mundur untuk memperoleh waktu selesai paling lambat (LETi) pada I-Node dan waktu selesai paling lambat (LETj) pada J-Node dari seluruh kegiatan dengan mengambil nilai minimumnya. Adapun perhitungannya adalah:

$$LET_i = LET_j - \text{durasi X} \dots\dots\dots (II.2)$$
- Di antara dua peristiwa tidak boleh ada 2 kegiatan, sehingga untuk menghindarnya digunakan kegiatan semu atau *dummy* yang tidak mempunyai durasi (Gambar 2 dan 3).

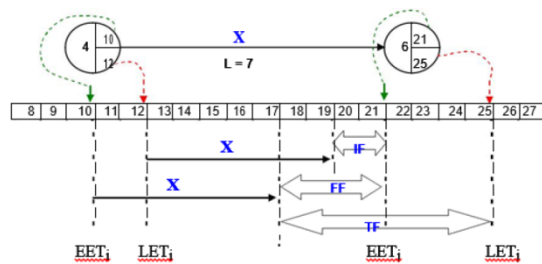


Gambar 2. Kegiatan Semu atau *Dummy* [8]



Gambar 3. Penggunaan *Dummy* untuk Memecah Kegiatan Berulang [4]

- Menggunakan *CPM* (*Critical Path Method*) atau metode lintasan kritis, di mana pendekatan yang dilakukan deterministik hanya menggunakan satu jenis durasi pada kegiatannya. Lintasan kritis adalah lintasan dengan kumpulan kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai Total Float (TF) = 0.
- Float*: batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya. Ada tiga macam jenis *Float*, yaitu [7]:
 - TF* (*Total Float*)
 - Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek.
 - Berguna untuk menentukan lintasan kritis, di mana TF = 0.
 - $TF_{ij} = LET_j - EET_i - \text{Durasi}_{ij} \dots (II.3)$
 - FF* (*Free Float*) (Gambar 4)
 - Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda penyelesaian suatu kegiatan bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal peristiwa awalnya.
 - Berguna untuk alokasi sumberdaya dan waktu dengan memindahkan ke kegiatan lain.
 - $FF_{ij} = EET_j - EET_i - \text{Durasi}_{ij} \dots (II.4)$
 - IF* (*Independent Float*)
 - Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda penyelesaian suatu kegiatan bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling lambat peristiwa awalnya.
 - $IF_{ij} = EET_j - LET_i - \text{Durasi}_{ij} \dots (II.5)$



Gambar 4. Variasi *Float* dari Suatu Kegiatan [8]

Activity On Node (AON)

Kegiatan *AON* atau *Precendence Diagram Method (PDM)* digambarkan oleh sebuah lambang segi empat (Gambar 5) karena letak kegiatan ada dibagian node sehingga sering disebut juga *Activity On Node – (AON)*. [6]. Menurut Evrianto (2005) kelebihan *PDM* dibandingkan dengan *ADM* adalah *PDM* tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana. Hal ini dikarenakan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan. Adapun istilah-istilah yang digunakan dalam *Network Diagram* adalah sebagai berikut :

1. *Earliest Start Time (ES)* adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat dimulai, dengan memperhitungkan waktu kegiatan yang diharapkan dan persyaratan urutan kegiatan.
2. *Latest Start Time (LS)* adalah waktu paling lambat untuk dapat memulai suatu kegiatan tanpa penundaan keseluruhan proyek.
3. *Earliest Finish Time (EF)* adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat diselesaikan.
4. *Latest Finish Time (LF)* adalah waktu paling lambat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan tanpa penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan.
5. *Duration (D)* adalah kurun waktu kegiatan.

Metode *PDM* adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *AON* dituliskan dalam *node* yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai penunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto. 1999).



Gambar 5. Lambang Kegiatan *PDM* [4]

Hubungan Logika Ketergantungan *AON*

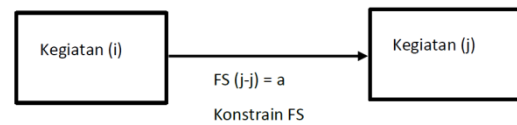
Pada *AON* juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai

= (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Maka di sini terdapat empat macam konstrain [4], yaitu:

- a. Konstrain selesai ke mulai – *Finish to Start (FS)* (Gambar 6)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai $FS(i-j) = a$ yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai. Proyek selalu menginginkan besar angka a sama dengan 0 kecuali bila dijumpai hal-hal tertentu, misalnya :

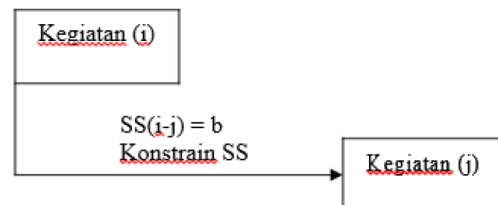
1. Akibat iklim yang tak dapat dicegah.
2. Proses kimia atau fisika seperti waktu pengeringan adukan semen.
3. Mengurus perizinan.



Gambar 6. *Finish to Start* [4]

- b. Konstrain mulai ke mulai – *Start to Start (SS)*

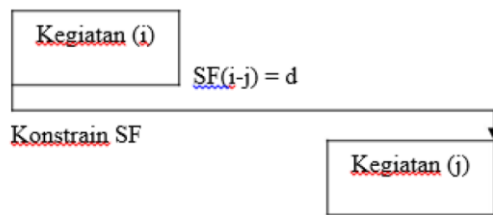
Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu (Gambar 7). Atau $SS(i-j) = b$ yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 % maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka waktu kegiatan terdahulu. Karena per definisi b adalah sebagian kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi disini terjadi kegiatan tumpang tindih, misalnya : pelaksanaan kegiatan pasangan pondasi batu kali dapat segera dimulai setelah pekerjaan galian pondasi cukup, misalnya setelah satu hari.



Gambar 7. *Start to Start* [4]

- c. Konstrain selesai ke selesai – *Finish to Finish (FF)*.

Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu (Gambar 8). Atau $FF(i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai.

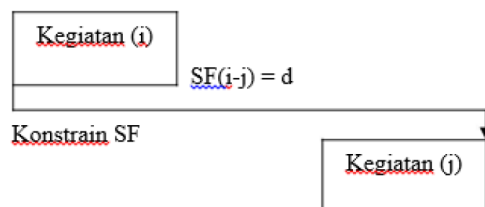


Gambar 8. Finish to Finish [4]

Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian (=c) hari selesai. Angka c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j), misalnya : pekerjaan perataan tanah tidak dapat dilakukan sebelum pekerjaan pengangkutan tanah selesai.

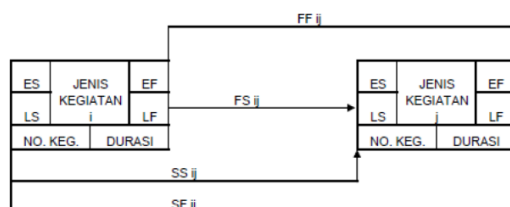
- d. Konstrain mulai ke selesai – Start to Finish (SF)

Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu (Gambar 9). Dituliskan dengan SF (i-j) = d, yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan, misalnya : pekerjaan instalasi lift harus sudah selesai setelah beberapa hari dimulainya pekerjaan sistem elektrikal.



Gambar 9. Start to Finish [4]

Jadi dalam menyusun jaringan PDM (Gambar 10), khususnya menentukan urutan ketergantungan, mengingat adanya bermacam konstrain tersebut, maka lebih banyak faktor yang harus diperhatikan dibanding AOA.



Gambar 10. Hubungan Kegiatan i dan j [4]

Adapun untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan lintasan kritis dapat dilakukan melalui perhitungan maju (Forward Analysis)

dan perhitungan mundur (Backward Analysis) sebagai berikut [4] :

- a. Perhitungan maju dilakukan untuk mendapatkan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF), jika lebih dari satu anak panah yang masuk dalam kegiatan maka diambil yang terbesar. Kegiatan I adalah kegiatan *predecessor*, sedangkan kegiatan J adalah kegiatan yang dianalisis. Besarnya ESj dan EFj adalah sebagai berikut :

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \text{ atau}$$

$$ES_j = EF_i + FS_{ij} \dots\dots\dots (II.6)$$

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \text{ atau}$$

$$EF_j = EF_i + FF_{ij} \text{ atau } ES_j + D_j \dots\dots\dots (II.7)$$

Jika tidak ada FSij atau SSij dan kegiatan *non-splitable* maka $ES_j = EF_j - D_j \dots\dots\dots (II.8)$

- b. Perhitungan mundur dilakukan untuk mendapatkan *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF), jika lebih dari satu anak panah yang keluar dari kegiatan maka diambil yang terkecil. Kegiatan J adalah kegiatan *successor*, sedangkan kegiatan I adalah kegiatan yang dianalisis. Besarnya LSi dan LFi adalah sebagai berikut :

$$LS_i = LS_j - SS_{ij} \text{ atau } LS_i = LF_j - SF_{ij} \text{ atau}$$

$$LF_i - D_i \dots\dots\dots (II.9)$$

$$LF_i = LF_j - FF_{ij} \text{ atau } LF_i = LS_j - FS_{ij} \dots\dots (II.10)$$

Jika tidak ada FFij atau FSij dan kegiatan *non-splitable* maka : $LF_i = LS_i + D_i \dots (II.11)$

- c. Adapun lintasan kritis ditandai oleh beberapa keadaan sebagai berikut :

1. *Float* : sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga kegiatan tersebut dapat ditunda atau diperlambat dengan sengaja atau tidak, tanpa menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek.
2. *Total float* : sejumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa memengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan $Total Float (TF)_i = Minimum (LS_j - EF_i) \dots\dots\dots (II.12)$
3. *Free float* : sejumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa memengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.
4. *Free Float (FF)* $FF_i = Minimum (ES_j - EF_i) \dots\dots\dots (II.13)$

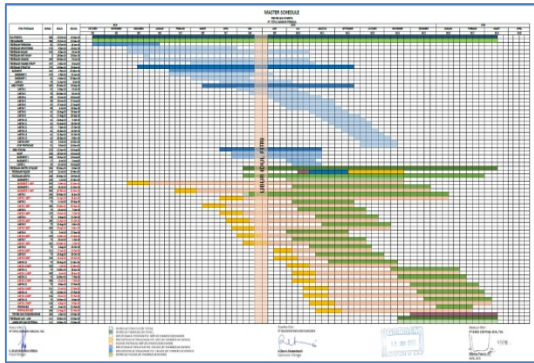
- a) *Log*, adalah sejumlah waktu tunggu dari suatu periode kegiatan J terhadap kegiatan I yang telah dimulai, terjadi pada hubungan SS dan SF [7].

- b) *Lead*, adalah sejumlah waktu yang mendahului dari suatu periode kegiatan J sesudah kegiatan I sebelum selesai, terjadi pada hubungan FS dan FF [7].

3. Metodologi

Data penelitian menggunakan data proyek studi gedung 15 lantai dengan 2 basement di Banten yang dibangun diatas tanah seluas $\pm 63.345\text{m}^2$ dengan ketinggian bangunan mencapai $\pm 63\text{m}$ dari atas tanah.

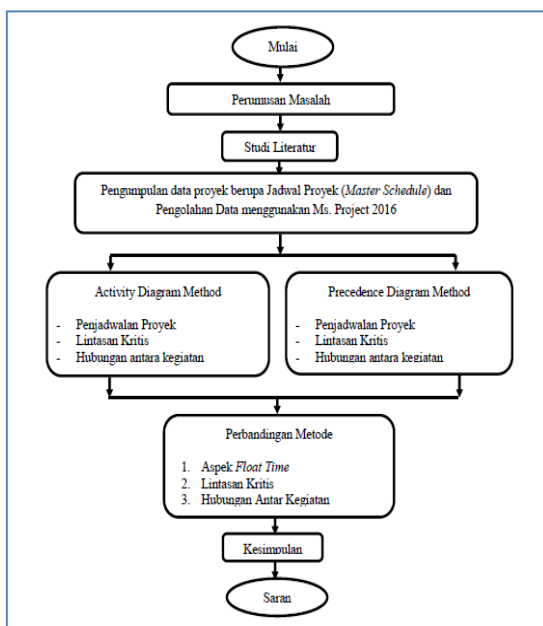
Data berupa skedul *Barchart* yang tidak menunjukkan kaitan antar kegiatan (Gambar 11). Waktu proyek 367 hari meliputi kegiatan 1) Pekerjaan persiapan dan urugan 2) Pekerjaan pasang Strutt untuk Basement, 3) Pekerjaan Lantai 1-15, 4) Pekerjaan Arsitek dan Fasade, 5) Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal, 6) Pekerjaan lain-lain.



Gambar 11. Data Barchart Proyek Studi

Dilakukan analisis kaitan antar kegiatan dan dengan menggunakan software *MS Project 2016* disusun network *AOA/ADM* dan *AON/PDM* untuk dianalisis durasi dan kegiatan pada Jalur Kritis, serta total kegiatan yang dihasilkan.

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 12.

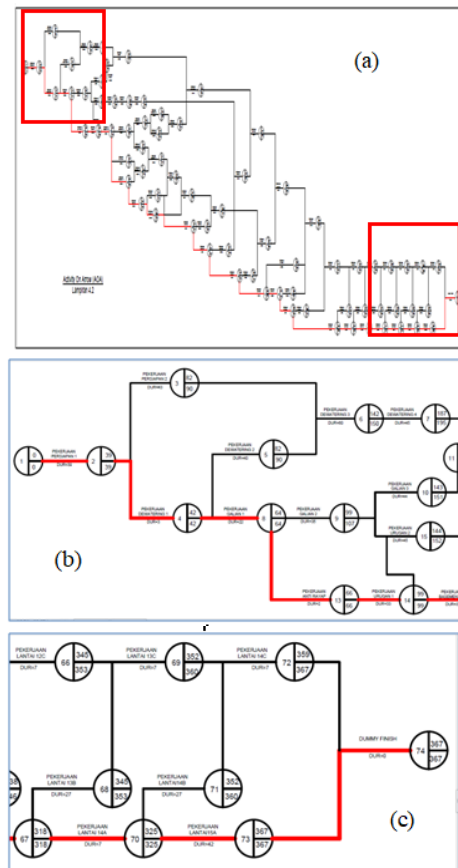


Gambar 12. Bagan Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Network AOA / ADM

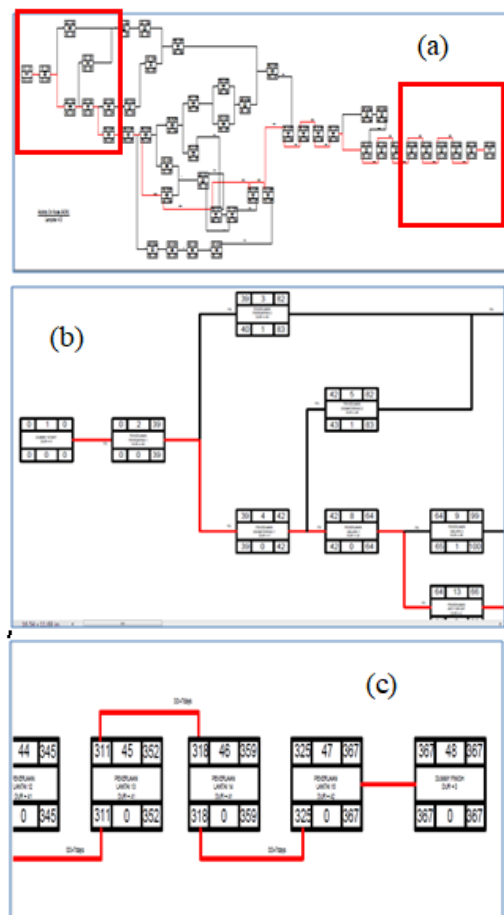
Dari data proyek studi terdiri dari Bagan Bar Chart yang menunjukkan durasi kegiatan awal sampai kegiatan akhir. Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan metode AOA untuk setiap aktivitas dari data Barchart, dengan hubungan antar kegiatan F-S, diperoleh kegiatan 1 s/d kegiatan 74 dengan melewati 22 kegiatan kritis, yaitu: Dummy Start, Pekerjaan Persiapan 1, Pekerjaan Dewatering 1, Pekerjaan Galian 1, Pekerjaan Anti Rayap, Pekerjaan Urugan 1, Pekerjaan Basement 2A, Pekerjaan Basement 1A, Pekerjaan Lantai 1, Lantai 2, Lantai 3, Lantai 4, Lantai 5, Lantai 6, Lantai 7, Lantai 8, Lantai 9, Lantai 10, Lantai 11, Lantai 12, Lantai 13, Lantai 14, Lantai 15, Dummy Finish. Untuk menghitung waktu penyelesaian proyek dalam AOA terdiri dari dua tahap, yaitu perhitungan arah maju (*forward analysis*) dan perhitungan arah mundur (*backward analysis*). Adapun perhitungan waktu maju (EET) dan waktu mundur (LET) proyek studi dari Kegiatan Dummy Start sampai kegiatan Dummy Finish diperoleh 74 kegiatan dengan Network AOA pada Gambar 13 a, b, dan c.



Gambar 13. Diagram AOA

Metode AON / PDM

Dari pengolahan data dari Barchart menggunakan metode AON dengan hubungan antar kegiatan F-S, S-S dan S-F, diperoleh kegiatan 1 s/d kegiatan 48 dengan melewati 22 kegiatan kritis, yaitu: Dummy Start, Pekerjaan Persiapan 1, Pekerjaan Dewatering 1, Pekerjaan Galian 1, Pekerjaan Anti Rayap, Pekerjaan Urugan 1, Pekerjaan Basement 2A, Pekerjaan Basement 1A, Pekerjaan Lantai 1, Lantai 2, Lantai 3, Lantai 4, Lantai 5, Lantai 6, Lantai 7, Lantai 8, Lantai 9, Lantai 10, Lantai 11, Lantai 12, Lantai 13, Lantai 14, Lantai 15, Dummy Finish. Untuk menghitung waktu penyelesaian proyek dalam AOA terdiri dari dua tahap, yaitu perhitungan arah maju (*forward analysis*) dan perhitungan arah mundur (*backward analysis*). Adapun perhitungan waktu maju (*EET*) dan waktu mundur (*LET*) proyek studi dari Kegiatan Dummy Start sampai kegiatan Dummy Finish diperoleh 48 kegiatan dengan *Network AOA* pada Gambar 14 a, b, dan c.



Gambar 14. Diagram AON

Tabel 1. Perbandingan AOA dan AON

No	AOA (F-S)	AON (F-S), (S-S), (F-F)
1	Lebih menggambarkan hubungan antar kegiatan. Karena hanya memakai F-S maka banyak kegiatan yang dibagi untuk menghubungkan kegiatan sebelum dan sesudah.	Lebih menggambarkan realita kegiatan dilapangan dengan diagram.
2	Perhitungan kegiatan lebih rumit. dan tidak bisa menggunakan Lag dan hanya menggunakan F-S	Bisa menggunakan Lag untuk kegiatan dan banyak hubungan ketergantungan yang bisa dipakai
3	Jumlah kegiatan menjadi 74	Jumlah kegiatan menjadi 48
4	Durasi proyek adalah 367 Hari dengan 22 kegiatan kritis	Durasi proyek adalah 367 hari dengan 22 kegiatan kritis.

5. Kesimpulan

Dari studi perbandingan kedua metode tersebut maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Untuk metode AOA menggunakan hubungan FS saja diperoleh durasi pekerjaan yaitu 367 hari dengan 74 kegiatan dan 22 kegiatan lintasan kritis.
2. Untuk metode AON menggunakan hubungan FS, SS, FF serta menggunakan Lag dan Lead diperoleh durasi 367 hari dengan 48 kegiatan dan 22 kegiatan lintasan kritis.
3. Dengan kedua metode diperoleh durasi dan lintasan kritis yang sama.
4. Pada metode AON jumlah kegiatan yang dihasilkan lebih sedikit dengan persentase perbandingan 35% dibanding AOA.
5. Metode AON terlihat lebih mudah pembacaannya secara tertulis maupun dilapangan.
6. Pada metode AOA hanya memulai kegiatan apabila kegiatan tersebut sudah selesai mengakibatkan pekerjaan yang *overlapping* harus dipecah dan memunculkan kegiatan baru untuk bisa meneruskan kegiatan *overlapping* tanpa mengganggu pekerjaan yang lain.
7. Pada metode AON tidak harus menunggu pekerjaan selesai karena hubungan yang digunakan tidak hanya menggunakan FS saja namun menggunakan SS, FF serta *Lag* dan *Lead*. Yang menyebabkan jumlah kegiatan lebih sedikit dibandingkan AOA dan menguraikan kegiatan secara lebih jelas.
8. Lintasan jalur kritis pada proyek Studi Gedung 15 lantai adalah *Dummy Start*, Pekerjaan Persiapan 1, Pekerjaan Dewatering 1, Pekerjaan Galian 1, Pekerjaan

- Anti Rayap, Pekerjaan Urugan 1, Pekerjaan Basement 2A, Pekerjaan Basement 1A, Pekerjaan Lantai 1, Lantai 2, Lantai 3, Lantai 4, Lantai 5, Lantai 6, Lantai 7, Lantai 8, Lantai 9, Lantai 10, Lantai 11, Lantai 12, Lantai 13, Lantai 14, Lantai 15, *Dummy Finish*.
9. Setelah dilakukan perbandingan dapat disimpulkan bahwa metode AON lebih tepat dan mudah digunakan daripada metode *AOA* dimana bagian pekerjaan pengulangan yang tipikal dari lantai ke lantai, dapat tergambar lebih ringkas.
10. Penggunaan software *Microsoft Project* 2016 pada proyek konstruksi memudahkan untuk manajemen proyek dalam melakukan perbaikan dengan cepat pada jadwal proyek.
- [8] Lembaga Administrasi Negara, Diklat Teknis Manajemen Proyek (Project Management), Modul 3 Persiapan Pelaksanaan, Eselon IV, Departemen Dalam Negeri. (2007).
- [9] Lynna, A Putri. Luthan, dkk. Manajemen Konstruksi dengan Aplikasi Microsoft Project. (ANDI, Ed.). Yogyakarta: C.V Andi Offset. (2017).

Daftar Pustaka

- [1] Dipohusodo, I. Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1. (Kanisius, Ed.) (2nd ed.). Yogyakarta; hal 53-55 (1996).
- [2] Safitri, E., Basriati, S., & Hanum, L. (2019). Optimasi Penjadwalan Proyek Menggunakan CPM dan PDM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Balai Nilah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Kateman Kabupaten Indragiri Hilir)". *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*. (<http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/JSMS/article/view/7631> di akses 15 Mei 2020)
- [3] Nicholas, John M., Herman Steyn. (2008). *Project Management for Business, Engineering, and Technology: Principles and Technology*. Elsevier 2008. ISBN 978 0 7508 8399, hal 196-215)
- [4] Soeharto, I. Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional). (Erlangga, Ed.). Jakarta, hal 281-282. (1999).
- [5] Herjanto Eddy. Manajemen Operasi. (Grasindo, Ed.). Jakarta. (2007).
- [6] Wulfram I. Ervianto. Manajemen Proyek Konstruksi. In ANDI (Ed.), *Manajemen Konstruksi*. Yogyakarta: C.V. Andi Offset. (2018).
- [7] Husen, Abrar. Manajemen Proyek Perencanaan, Penjadwalan, & Pengendalian Proyek. (Dwi Prabantini, Ed.). Yogyakarta: C.V Andi Offset. (2008)