

# **PENERAPAN METODE CPM DAN GRANTT CHART UNTUK MENGUKUR EFISIENSI WAKTU**

## **(Studi Kasus Pembangunan Rumah Perum GIP Kertosono, Nganjuk)**

**Rony Kurniawan**

Universitas Nusantara PGRI Kediri  
e-mail: ronykurniawan@unpkediri.ac.id

### **ABSTRACT**

*The implementation of housing unit construction needs to be done in order to control time efficiently. Therefore, the delay of the house will result in inefficient costs. This study aims (1) to determine the scheduling sequence of the type 45/90 residential development project at Perum GIP Kertosono, Nganjuk (2) to determine the network or network in the type 45/90 residential development project at Perum GIP Kertosono, Nganjuk (3) To understand] the critical activities carried out in the housing construction project type 45/90 at Perum GIP Kertosono, Nganjuk, (4) To find out the activities carried out jointly in the housing construction project type 45/90 Perum GIP Kertosono, Nganjuk. This research uses the Critical Path Method (CPM) or the critical path and the Grantt Chart method. The application of the CPM method is used to determine the time for effective and efficient development projects. While the grantt chart method is used to determine the activities carried out and the busiest time in the housing development project activities. Through the application of CPM resulted in efficient development implementation with a time of 84 days or 19 days faster than the total time predicted by the planning team for 103 working days. Through the grant chart method, it was found that the busiest times of construction were on the 16th to the 53rd day because at that time it was carried out simultaneously with the installation of sloods, concrete columns, installation of floor tiles and construction of terraces.*

**Keywords:** *CPM method, Grantt Chart and Time Efficiency*

### **PENDAHULUAN**

Pertumbuhan pendapatan per kapita masyarakat menggerakkan tren aktivitas pembangunan secara mandiri di kehidupan masyarakat. Ini bisa dilihat dengan maraknya kegiatan pembangunan perumahan pribadi dilakukan secara mandiri mauanpun melalui lembaga usaha konstruksi untuk memenuhi kebutuhan rumah tinggal yang diinginkan individu yang menjadi pasarnya. Dalam pelaksanaannya, selain mutu bangunan, implementasi disain ke wujud bangunan menjadi tolok ukur memenuhi kepuasan konsumennya, namun, hal yang juga penting adalah proses mewujudkannya dalam waktu yang efisien atau waku pelaksanaan proyek secepat mungkin. Waktu yang idealnya bagi pelaksana proyek sama hanya memberikan kepuasan terhadap pemilik proyek Di samping itu kemampuan mengatur penggunaan waktu sama halnya pemungisian anggaran tersedia menjadi tepat sasaran.

Oleh karena banyak pelaksana proyek memutar otak dengan mengefektifkan pelaksanaan yang menyangkut guna menekan biaya tanpa mengurangi mutu bangunan dari sisi durabilitas (ketahanan bangunan) maupun dari estetika bangunan.

Berawal dari paparan itu, peneliti berusaha untuk mengangkatnya menjadi sebuah masalah, yang mana dari penelitian yang dihasilkan ini bisa menjadi sumbangan yang positif bagi para pemilik pekerjaan dan pelaksana pekerjaan dalam rangka bagaimana meminimalkan waktu yang pada gilirannya akan berdampak pada penggunaan biaya yang efisien, tanpa harus mengurangi kualitas dan peforma fisik bangunan yang dihasilkannya.

Peneliti menggunakan alat pengulas data *critical path method* (CPM) dan *Grantt Chart*. Alat ini sebenarnya sudah populer bagi sebagian besar peneliti di bidang operasional bisnis, namun juga bagi kalangan teknik sipil, sehingga banyak digunakan untuk penelitian bidang teknik dengan objek pembangunan proyek pendirian rumah, properti dengan kepentingan industri manufaktur dan *warehousing* (pergudangan). Subjek yang menjadi target tujuan adalah mengukur efektivitas waktu dan biaya pendukung kegiatan proyek tersebut.

Metode *Critical Path Method* (CPM) yang mampu merencanakan dan menjadwalkan proyek lebih efektif dan efisien serta dapat menghemat biaya. *Critical Path Method* (CPM) adalah metode jaringan yang menggunakan keseimbangan waktu-biaya linier. Setiap kegiatan yang dilakukan dapat selesai lebih cepat dari waktu normalnya dengan cara memintas kegiatan untuk sejumlah biaya tertentu. Dengan demikian jika waktu penyelesaian proyek tidak memuaskan beberapa kegiatan tertentu dapat dipintas untuk dapat menyelesaikan proyek dengan waktu yang lebih sedikit (Husein, 2008; Arianto, 2010). Tujuan *Critical Path Method* (CPM) untuk mengetahui dengan cepat kegiatan-kegiatan yang tingkat kepekaan tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas dan kebijaksanaan penyelenggara proyek apabila kegiatan tersebut terlambat (Sofyan, 1997).

Metode *Gantt Chart* adalah cara mengetahui apakah proyek itu berbiaya rendah sehingga membantu manajer memastikan bahwa semua kegiatan telah direncanakan, urutan kinerjanya telah diperhitungkan, perkiraan waktu kegiatan telah tercatat, dan keseluruhan waktu proyek telah dibuat. Manfaat dari *gantt chart* adalah untuk menggambarkan jadwal suatu kegiatan dan kenyataan kemajuan sesungguhnya pada saat pelaporan. Tujuan metode ini sebagai alat untuk mengetahui semua kegiatan yang bisa dilakukan secara bersamaan pada suatu proyek (Heizer dan Render, 2015).

Penelitian Aulady dan Orleans. (2016) menggunakan alat pengulas CPM untuk memecahkan problem pelaksanaan pembangunan apartemen Menara di Rungkut Surabaya. Dalam metode penelitiannya peneliti ini malah mengulas secara dalam dengan membandingkan hasil ulasan dari metode CPM dengan alat lainnya, yakni, metode manajemen rantai kritis proyek atau *Critical Chain Project Manajement*. Alasan peneliti ini membandingkan dua metode pengulas proyek untuk membandingkan durasi waktu yang dihasilkannya. Hasilnya penggunaan metode tersebut secara berurutan mampu menghilangkan multitasking dan *safety time* pada tiap aktivitas pengerjaan proyek dan merekomendasikan *buffer* dalam pengerjaan. Dari sisi waktu terjadi efisiensi sangat signifikan. Hasil telaah metode *Critical Chain Project Management* terungkap hitungan pengerjaan proyek lebih cepat 40 hari dibandingkan waktu yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan metode jalur kritis atau CPM.

Metode jalur kritis atau CPM juga diterapkan oleh Polii, Walangitan dan Tjakra (2017) untuk menganalisis penggunaan waktu yang efisien dari awal hingga akhir selama 249 pada proyek pembangunan Menara Alfa Omega, Tomohon. Peneliti ini selain menghasilkan analisis waktu efisien juga menampilkan pekerjaan yang ada di lintasan kritis *melalui Network Diagram* atau jaringan kerja yang merupakan ciri khas *Critical Path Method* (CPM).

Sama halnya dengan Ilwaru, Rahakbauw, dan Tetimelay. (2018). menggunakan metode CPM untuk menganalisis penggunaan waktu efektif untuk proyek pembangunan rumah tinggal tipe 84 ukuran 7m x 12m di desa Amahusu Kota Ambon. Hasil penelitiannya merekomendasikan waktu tercepat untuk penyelesaian pembangunan 95 hari jauh dari waktu yang diprediksikan waktu normal 136 hari.

Kemudian Julkarnaen, Herlina dan Kulsum (2015) menggunakan metode CPM dan PERT untuk menganalisis proyek perakitan panel listrik oleh PT Mega Karya Engginering. Hasil penelitian ini memberi kesimpulan yang mengarah kepada keuntungan perusahaan secara finansial, karena analisis hasil penelitian secara waktu lebih cepat sehingga biaya lebih rendah, dengan demikian perusahaan ini bisa mengerjakan proyek lainnya.

Metode CPM juga digunakan oleh Nalhadi dan Suntana (2017). Metode ini digunakan untuk menganalisis pengerjaan proyek infrastruktur di Desa Sukaci-Boros yang memiliki 17

aktivitas. Penggunaan metode ini menghasilkan kesimpulan proyek dilakukan percepatan waktu dari hasil pengerjaan proyek dari waktu 110 hari dari waktu yang seharusnya 120 hari. Percepatan waktu pengerjaan juga mengurangi pembiayaan dari yang dianggarkan Rp 283.648.106 menjadi Rp 280.839.709 atau terjadi efisiensi anggaran Rp 2.808.397. Sedangkan Musdalifah dan Kurniawati (2019) dengan CPM-CS untuk Optimasi Penjadwalan Proyek Hasil penelitian menunjukkan bahwa CPM-CS dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan proyek dengan penyeimbangan biaya harian. CPM-CS memberikan hasil yang lebih optimal daripada CPM (Earliest dan Latest). Peneliti Dipoprastyo (2016) menggunakan metode CPM untuk pengembangan industri batik di butik Omahku Batik di Samarinda, menemukan waktu selisih yang cukup signifikan, dalam produksi pesanan satu potong baju batik *long dress* yang biasanya memerlukan waktu 39 jam lebih dengan menggunakan analisis jalur kritis bisa ditekan waktu penyelesaiannya cukup dengan 29 jam. Pratiwi (2010) dengan metode CPM dan PERT juga mendapatkan hasil penelitian lebih efisien waktu dalam produksi ketika melakukan penelitian di PT. Batik Semar Surakarta.

Demikian juga dengan hasil penelitian disertasi Rohdiana (2017) dengan metode CPM mampu membuat rekomendasi untuk penjadwalan perawatan mesin dan penganggaran yang efisien kepada perusahaan pencetak es balok PT Agronesia Divisi Industri Es Saripetojo tentang penjadwalan Preventive Maintenance kota Bandung. Islamy (2018) dengan metode CPM menghasilkan rekomendasi penghematan proses produksi bodi galon lebih cepat dari waktu yang diterapkan di PT Indaco Coatings Industry Kebakkramat Karanganyar. Astuti (2015) dalam penelitiannya dengan metode CPM merekomendasikan efisiensi biaya dan waktu untuk produksi gula di PG Djombang Baru. Anggraeni (2016) menghasilkan rekomendasi waktu lebih efisien bagi produksi gula pasir di PG Wonosalam, Mojokerto. Ginanjar (2017) dengan metode CPM juga menghasilkan waktu lebih efisien dalam proses produksi satuan gitar di perusahaan produksi gitar CV Butanza Banyuwangi.

Peneliti Pancasari (2013) menggunakan metode CPM dalam analisisnya terhadap data waktu produksi trolley small di PT Rigen Sarana Mukti, Giling, Surakarta juga menghasilkan efisiensi waktu atau produksi yang lebih cepat dari proses waktu produksi selama ini. Octaviana dan Maharesi (2012) dengan metode CPM menghasilkan penjadwalan ulang waktu produksi lebih efisien di beberapa perusahaan jamu tradisional yang telah memenuhi standar produksi CPOTB (cara produksi obat tradisional yang baik) dalam waktu produksinya. Maulana (2019) dengan menggunakan metode CPM juga berhasil menganalisis produksi interior dalam waktu yang lebih efektif cepat pada perusahaan karoseri PT Bahana Selaras.

Peneliti menggunakan dengan metode CPM dan Grantt Chart berharap menjadikan alat untuk mengembangkan produktivitas di sektor produksi barang dan jasa hingga pada produksi jasa konstruksi di Indonesia. Mengingat kemampuan alat analisis ini dalam membuahkan hasil yang bisa digunakan untuk merekomendasi untuk berbagai kepentingan proses produk dan jasa karena mampu memberikan penjadwalan dalam proses waktu yang efisien. Dalam segi biaya pun juga lebih efisien dan efektif. Oleh karena dari fenomena penelitian penggunaan metode CPM juga memberikan hasil analisis efisiensi di bidang anggaran proyek maupun produksi karena hasil telaah waktu yang lebih efisien.

### **Batasan dan Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, agar pembahasan dalam penelitian ini tidak melebar dari objek yang diteliti maka peneliti membatasi masalah penelitian sebagai berikut: (1) Objek penelitian ini adalah proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono, Nganjuk. (2) Penelitian ini hanya dilakukan pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono, Nganjuk. (3) Metode yang digunakan adalah metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Gantt Chart*. (4) Penjadwalan dilakukan guna mempercepat durasi waktu proyek pembangunan rumah tinggal di Perum GIP Kertosono, Nganjuk.

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: (1) bagaimana urutan penjadwalan pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono

Nganjuk, (2) bagaimana bentuk jaringan kerja atau *network* pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk, (3) bagaimana aktivitas kritis yang dilakukan pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 Perum GIP Kertosono Nganjuk, (4) bagaimana aktivitas yang dilakukan secara bersama-sama pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk.

### **Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, beberapa tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Untuk mengetahui dan menganalisis urutan penjadwalan pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk. (2) Untuk mengetahui dan menganalisis jaringan kerja atau *network* pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 Perum GIP Kertosono Nganjuk. (3) Untuk mengetahui dan menganalisis aktivitas kritis yang dilakukan pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk. (4) Untuk mengetahui dan menganalisis aktivitas yang dilakukan secara bersama-sama pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk.

### **Manfaat Penelitian**

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat: (1) manfaat praktis memberi masukan kepada perusahaan jasa pelaksana konstruksi dapat mengatur dan mengontrol waktu dan biaya agar dapat terselesaikan lebih cepat sehingga bisa memuaskan pemilik proyek. (2) Manfaat teoritis diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi pengembangan ilmu pada bidang manajemen proyek dan dapat memberikan informasi yang bermanfaat dalam melakukan penjadwalan suatu proyek dengan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Gantt Chart*.

## **METODE PENELITIAN**

### **Desain Penelitian**

Disain penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif adalah penelitian yang digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu., Sampel dalam penelitian ini, adalah salah satu perumahan yang dibangun tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk. Teknik penelitian adalah penelitian deskriptif yang memaparkan data yang telah terkumpul yang diolah dengan alat analisis tertentu (Sugiyono (2016: 8-10).

### **Tempat dan Waktu Pelaksanaan**

Penelitian ini dilaksanakan di Perum Griya Inti Permata (GIP) Kertosono. Perumahan ini berdiri sejak tahun 2001, namun karena lahan yang oleh PT Griya Inti Permata pengusaha kontraktor perumahan ini relatif luas, maka, pelaksanaan terbagi dalam sejumlah klaster. Terakhir adalah klaster di Blok B 24 tipe 45/90 yang merupakan rumah atas nama pembeli Muhammad Amil.

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama empat bulan bersamaan dengan waktu pelaksanaan proyek pembangunan mulai awal dasar pembangunan hingga rumah jadi, mulai Mei – Agustus 2020.

### **Objek dan Subjek Penelitian**

Objek adalah merupakan sasaran ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu tentang sesuatu hal objektif, valid dan reliabel tentang suatu hal (variabel tertentu). Objek dari penelitian ini \metode Critical Path Method (CPM) dan Metode Grantt Chart.

Subjek penelitian ini adalah proyek pembangunan rumah tipe 45/90 di Blok B nomor 24 Perum GIP Kertosono Nganjuk.

## Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah pembangunan perumahan di Perum GIP Kertosono Nganjuk, sedangkan pengambilan sampel dari penelitian ini adalah perumahan Blok B no 24 milik pembeli Muhammad Amil.

## Metode Pengumpulan Data

Menurut Sugiyono (2016) terdapat sejumlah metode pengumpulan data, yaitu, studi dokumen, wawancara, observasi dan studi pustaka. Dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara dan obeservasi (pengamatan). Wawancara untuk mendapatkan data perencanaan pelaksanaan pembangunan seperti biaya, target waktu prioritas pengerjaan dan bahan baku, sedangkan pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui proses waktu dan hasil pekerjaan dari yang sudah direncanakan. Dalam pengamatan ini peneliti melakukannya secara periodik, enam hari sekali selama proyek berjalan sesuai perencanaan.

## Teknik Sampling

Teknik sampling yang digunakan dengan teknik *accident sampling* peneliti mengambil sampel yang kebetulan ditemuinya pada saat itu. Di mana dalam tempat penelitian di Perum GIP Kertosono Nganjuk hanya terdapat satu kegiatan pembangunan yaitu di Blok B nomor 24. Pada saat pengamatan dilakukan terdapat satu aktivitas pembangunan dan pembeli dan pelaksana proyek bersedia sebagai sumber pengumpulan data.

## Teknik Analisis Data

Teknik analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, observasi dan bahan-bahan lain, sehingga dapat mudah dipahami dan temuannya dapat diinformasikan kepada orang lain.

### a. *Critical Path Method (CPM)*

Tahapan atau langkah-langkah yang digunakan untuk menganalisis data dengan metode *Critical Path Method (CPM)*. Berikut tahapan atau langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Membuat daftar aktivitas pembangunan yang dikerjakan pada proyek pembangunan rumah di Perum GIP Kertosono Nganjuk dengan menentukan urutan aktivitas, kegiatan pendahulu serta durasi waktu pembangunan.
2. Membuat dan menentukan diagram jaringan (*network diagram*) yang terdiri dari seluruh rangkaian kegiatan proyek. Di mana setiap kegiatan tersebut dibatasi oleh titik dan anak panah.
3. Menentukan aktivitas kritis atau lebih dikenal sebagai jalur kritis dengan menggunakan *Forward pass* dan *Backward pass* pada pendekatan AON diagram *Critical Path Method (CPM)* untuk menentukan jadwal waktu setiap kegiatan. Jalur kritis dapat ditentukan dengan menghitung ES (*earliest start*), LS (*latest start*), EF (*earliest finish*) dan LF (*latest finish*).

Berikut rumus untuk menghitung EF dimulai dari awal sampai akhir kegiatan proyek (*forward pass*):

$$EF = ES + \text{waktu kegiatan} \dots\dots\dots 1$$

Sedangkan untuk menghitung LS dan LF, dimulai dari akhir proyek menuju awal proyek (*backward pass*). Rumus menghitung LS:

$$LS = LF - \text{waktu kegiatan} \dots\dots\dots 2$$

Selanjutnya mengidentifikasi aktivitas kritis dengan menghitung waktu menganggur (*slack time*) adalah sebagai berikut:

$$Slack = LS - ES = LF - EF \dots\dots\dots 3$$

**b. Grantt Chart**

Menentukan aktivitas yang dikerjakan secara bersamaan serta mengidentifikasi waktu yang sibuk dengan menggunakan metode *Gantt Chart*. Berikut langkah untuk membuat diagram *Gantt Chart*:

- 1) Mengidentifikasi tugas yang perlu diselesaikan, menentukan bagian pekerjaan dari suatu tugas dengan menggunakan *flowchart*, mengidentifikasi waktu yang diperlukan dalam penyelesaian proyek, mengidentifikasi urutan terdahulu yang perlu diselesaikan secara bersamaan.
- 2) Menggambarkan dengan sumbu horizontal untuk menunjukkan waktu pelaksanaannya, tandai dengan penggunaan skala waktu yang sesuai (bisa harian ataupun mingguan).
- 3) Menuliskan tugas atau bagian pekerjaan yang akan dikerjakan berdasarkan urutan waktu serta melakukan pemeriksaan kembali untuk mengetahui dan memastikan apakah seluruh kegiatan pekerjaan sudah tertulis dalam diagram *Gantt Chart*.

**c. Diagram Alur Jaringan**

Diagram jaringan berupa jaringan kerja yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dan urutan peristiwa yang ada pada penyelenggaraan proyek. Dengan diagram jaringan (*network diagram*) dapat dilihat kaitan satu kegiatan dengan kegiatan lainnya dan dapat diketahui atau lintasan mana yang kritis.

Tujuan diagram jaringan yaitu untuk mengetahui urutan aktivitas kerja yang terdapat pada suatu proyek. Manfaatnya untuk mengetahui dan mengontrol aktivitas kerja pada proyek. Prosedur dari diagram jaringan, sebagai berikut:

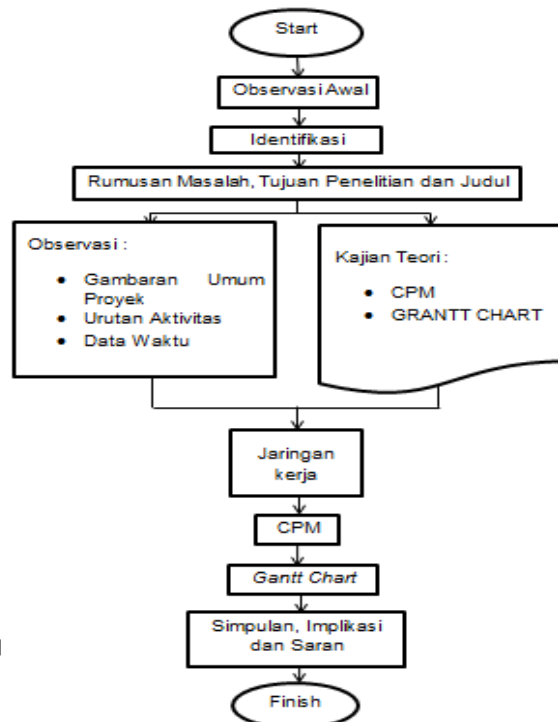
- 1) Mengetahui urutan aktivitas dan waktu aktivitas.
- 2) Menentukan kegiatan mana yang terlebih dulu dan seterusnya.
- 3) Membuat diagram jaringan dengan pendekatan AOA (*activity on arrow*) atau AON (*activity on node*).

Tabel 1. Perbandingan Jaringan AON dan AOA

AON	Arti Aktivitas	AOA
	A datang sebelum B, yang datang sebelum C	
	A dan B harus selesai sebelum C dapat dimulai	
	B dan C tidak dapat dimulai sebelum A selesai	
	C dan D tidak dapat dimulai sebelum A dan B selesai	
	C tidak dapat dimulai sampai A dan B selesai. D tidak dapat dimulai sebelum B selesai. Aktivitas dummy dimasukkan di dalam AOA	
	B dan C tidak dapat dimulai sebelum A selesai. D tidak dapat dimulai sebelum B dan C selesai. Aktivitas dummy sekali lagi dimasukkan didalam AOA	

Helzer, J., & Render, B. (2015)

## Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

## HASIL PENELITIAN

Dalam analisis data menggunakan metode Critical Path Method (CPM). dan Grantt Chart pada pembangunan rumah tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk diketahui dalam penentuan waktu pengerjaan belum efektif dan masih banyak waktu yang sekiranya bisa dipadatkan. Ini terlihat dari adanya penjadwalan yang kurang tepat waktu sehingga waktu yang diterapkan kurang efisien. Peneliti kemudian menganalisis dengan menggunakan metode.

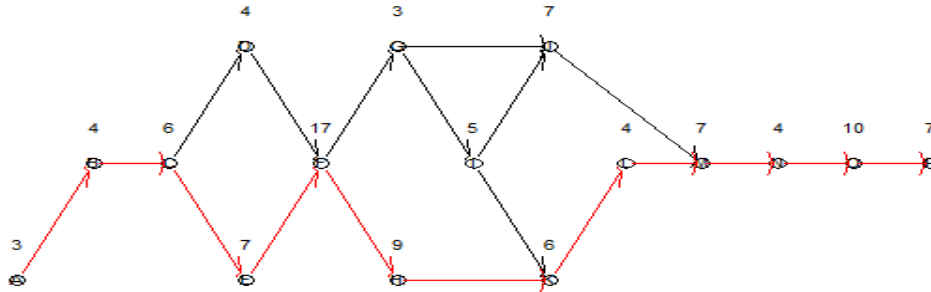
Langkah pertama menentukan urutan kegiatan proyek pembangunan tersebut dengan uraian sebagai berikut:

Tabel 2. Daftar Urutan Kegiatan dan Durasi Waktu

Kode Aktivitas	Uraian Kegiatan	Kegiatan Pendahulu	Waktu (Hari)
A	Kegiatan Pendahulu	-	3
B	Pekerjaan Galian Tanah	A	4
C	Pekerjaan Pasang Pondasi	B	6
D	Pekerjaan Pasang Sloof	C	4
E	Pekerjaan Pasang Beton Kolom	C	7
F	Pekerjaan Pasang Dinding	D,E	17
G	Pekerjaan Pasang Gawang	F	3
H	Pekerjaan Plester dan Acian	F	9
I	Pekerjaan Atap	G	5
J	Pekerjaan Lantai	G,I	7
K	Pekerjaan Teras	H,I	6
L	Pekerjaan Pasang Pintu dan Jendela	K	4
M	Pekerjaan Pengecatan	J,L	7
N	Pemasangan Listrik	M	4
O	Pekerjaan Lain-lain	N	10
P	Finishing	O	7
<b>TOTAL</b>			<b>103</b>

Sumber: Data primer 2020

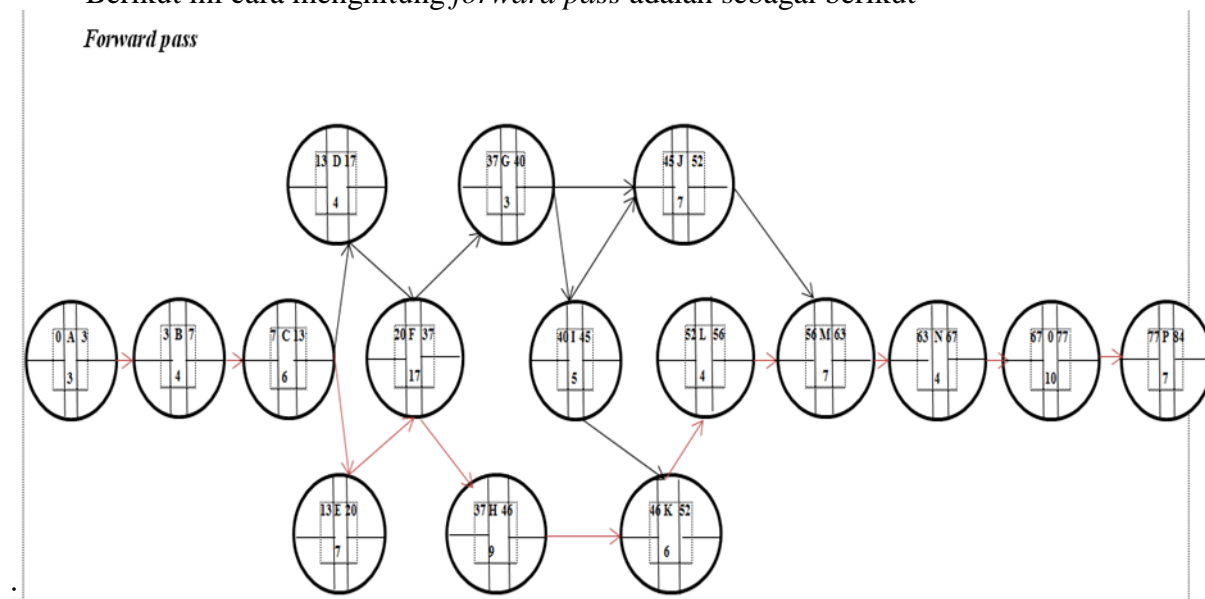
Kemudian menentukan diagram jaringan kerja dari seluruh aktivitas kegiatan proyek pada setiap kegiatan dibatasi titik panah. Bersumber dari data tabel 2 kemudian ditentukan jalur kritisnya menggunakan pola AON yang menggunakan *two pass* terdiri dari *forward pass* dan *backward pass* dengan bantuan alat generator POM for windows menghasilkan jalur kritis sebagai berikut:



**Gambar 2:** Pola Pembangunan Perumahan *Activity On Nude* (AON)

Dari pola *Activity On Nude* (AON) menentukan aktivitas kritis dan menggambar CPM dengan menggunakan *forward pass* dan *backward pass* untuk menentukan penjadwalan waktu setiap kegiatan proyek. Di mana jalur kritis ditentukan terlebih dahulu dengan menghitung ES (*earliest start*), LS (*latest start*), EF (*earliest finish*) dan LF (*latest finish*). Aktivitas kritis atau lebih dikenal dengan istilah jalur kritis adalah jalur di mana suatu rangkaian kegiatan memiliki durasi waktu terpanjang yang melalui jaringan. Jika ada kegiatan pada jalur kritis tertunda maka waktu penyelesaian proyek otomatis juga akan ikut tertunda.

Berikut ini cara menghitung *forward pass* adalah sebagai berikut



**Gambar 3:** pola kegiatan *Forward pass*

Kegiatan pada Gambar 3 di atas adalah cara perhitungan yang dimulai dari aktivitas kegiatan A dengan waktu selama 3 hari. Di mana pada aktivitas kegiatan A dimulai dari ES (*earliest start*) dengan waktu 0 ditambah lama waktu kegiatan A yaitu 3, jadi lama waktu EF (*earliest finish*) pada kegiatan A adalah 3.

Selanjutnya adalah kegiatan B di mana waktu dari kegiatan A yaitu 3 ditambah dengan waktu dari kegiatan B yaitu 4, jadi lama waktu EF (*earliest finish*) pada kegiatan B adalah 7.



Kegiatan C yang sebelumnya berdurasi waktu 6 ditambah dengan durasi waktu kegiatan B yaitu 7 menjadi EF (*earliest finish*) adalah 13. Begitu pula dengan kegiatan D dan E yang masing-masing berdurasi waktu 4 dan 7 kemudian ditambah dengan kegiatan sebelumnya dari kegiatan C dengan durasi waktu 13 yang menjadi EF (*earliest finish*) dari D adalah 17 dan EF (*earliest finish*) E adalah 20.

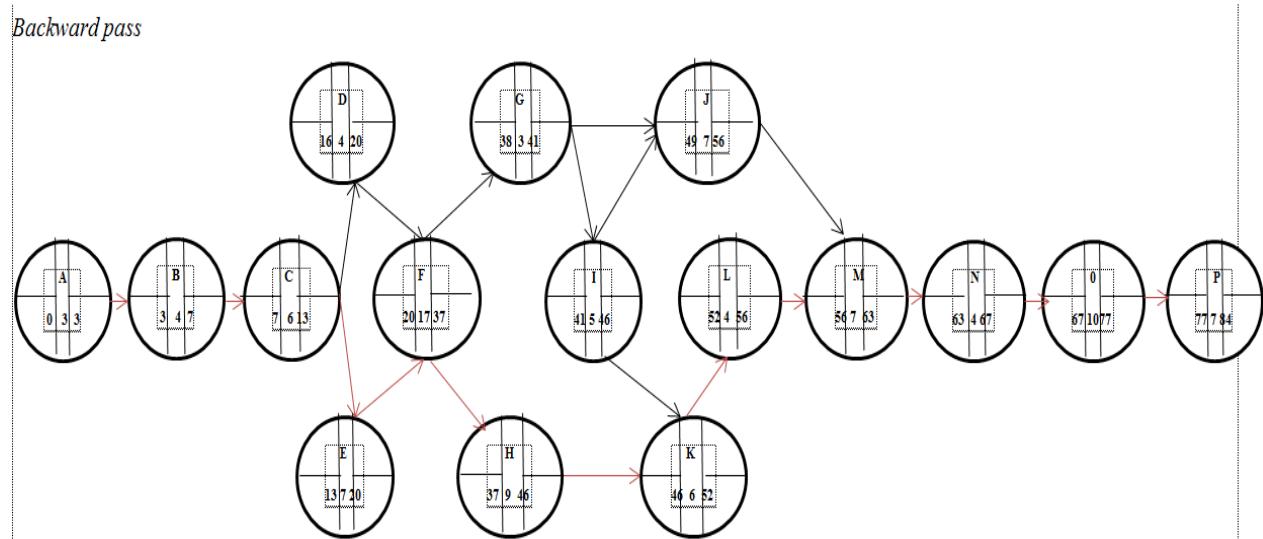
Kemudian kegiatan F yang berdurasi waktu 17 dan ditambah dari kegiatan E karena mempunyai waktu yang lebih lama dari kegiatan D yaitu 20, jadi EF (*earliest finish*) dari kegiatan F adalah 37.

Kegiatan G dan H yang masing-masing mempunyai durasi waktu 3 dan 9 yang ditambah dari kegiatan sebelumnya yaitu kegiatan F berdurasi 37 maka EF (*earliest finish*) dari kegiatan G adalah 40 dan H adalah 46. Kegiatan I berdurasi waktu 5 ditambah dari waktu G yaitu 40 jadi EF (*earliest finish*) kegiatan I adalah 45. kegiatan J yang berdurasi waktu 7 ditambah dari kegiatan I karena mempunyai waktu yang lebih lama dari kegiatan G yaitu 45, jadi EF (*earliest finish*) dari kegiatan J adalah 52.

Kegiatan K dengan ES (*earliest start*) atau durasi waktu awal adalah 6 yang ditambah dari waktu kegiatan H yaitu 46 maka EF (*earliest finish*) dari kegiatan K adalah 52. Kemudian kegiatan L dengan waktu 4 ditambah dari kegiatan K dengan waktu 52 jadi EF (*earliest finish*) adalah 56. Kegiatan M dengan waktu 7 ditambah dengan waktu kegiatan L yaitu 56 maka EF (*earliest finish*) adalah 63.

Selanjutnya kegiatan N yang berdurasi waktu 4 ditambah dengan waktu M yaitu 63 maka EF (*earliest finish*) N adalah 67. Selanjutnya adalah kegiatan O yang berdurasi waktu 10 ditambah dengan waktu N yaitu 67 maka EF (*earliest finish*) O adalah 77, yang terakhir adalah kegiatan P yang berdurasi waktu awal atau ES (*earliest start*) adalah 7 ditambah dengan waktu kegiatan O yaitu 77 maka EF (*earliest finish*) kegiatan P adalah 84.

Selanjutnya adalah cara menghitung *backward pass* dengan LS (*latest start*) dan LF (*latest finish*) sebagai berikut:



**Gambar 4.** pola kegiatan *Backward pass*

Kegiatan pada gambar 4. di atas adalah perhitungan model *Backward pass* dengan cara menghitung LS (*latest start*) dan LF (*latest finish*) dimulai dari kegiatan terakhir yaitu P yang mempunyai durasi waktu 84, dengan cara nilai waktu LS (*latest start*) dikurangi dengan durasi waktu setiap kegiatan. Pada kegiatan P nilai waktu LF (*latest finish*) adalah 84 dikurangi dengan waktu P yaitu 7 jadi LS (*latest start*) adalah 77.

Selanjutnya waktu LF (*latest finish*) kegiatan O adalah 77 dikurangi dengan durasi waktu kegiatan O yaitu 10 maka LS (*latest start*) dari kegiatan O adalah 67. Untuk menentukan nilai waktu kegiatan N dengan cara melihat LS (*latest start*) kegiatan O yaitu 67 dikurangi waktu kegiatan N yaitu 4, jadi durasi waktu adalah 63. Selanjutnya menentukan nilai waktu M dengan mengurangi nilai LF (*latest finish*) yaitu 63, maka nilai LS (*latest start*) M adalah 56. Kemudian LF (*latest finish*) dari kegiatan L dan J adalah sama 56, maka nilai waktu LS (*latest start*) kegiatan L yaitu 52 dan J yaitu 49. Kegiatan K mempunyai nilai LF (*latest finish*) 52 dikurangi dengan waktu durasi 6, jadi nilai LS (*latest start*) K adalah 46.

Untuk menentukan nilai LF (*latest finish*) kegiatan I terdapat dua pilihan dari kegiatan J dan K, maka nilai durasi terpendek atau terkecil yang akan dipilih yaitu dari kegiatan K dengan waktu 46, jadi nilai LS (*latest start*) I adalah 41. Kegiatan H mempunyai nilai LF (*latest finish*) 46 dikurangi dengan waktu durasi 9, jadi nilai LS (*latest start*) H adalah 37.

Selanjutnya untuk menentukan nilai kegiatan G terdapat dua pilihan yaitu dari kegiatan J dan I yang akan dipilih waktu terpendek atau terkecil adalah dari kegiatan I di mana nilai I yaitu 41, jadi nilai LS (*latest start*) G adalah 38.

Kemudian untuk menentukan nilai LF (*latest finish*) dari kegiatan F terdapat dua pilihan dari kegiatan G dan H maka nilai durasi terpendek atau terkecil yang akan dipilih adalah dari kegiatan H dengan waktu 37, jadi nilai LS (*latest start*) dari kegiatan F adalah 20.

Kegiatan E mempunyai nilai LF (*latest finish*) 20 dikurangi dengan waktu durasi 7, maka nilai waktu LS (*latest start*) adalah 13. Kemudian kegiatan D dengan nilai waktu LF (*latest finish*) 20 dikurangi dengan nilai waktu sebenarnya yaitu 4, maka nilai waktu LS (*latest start*) adalah 16.

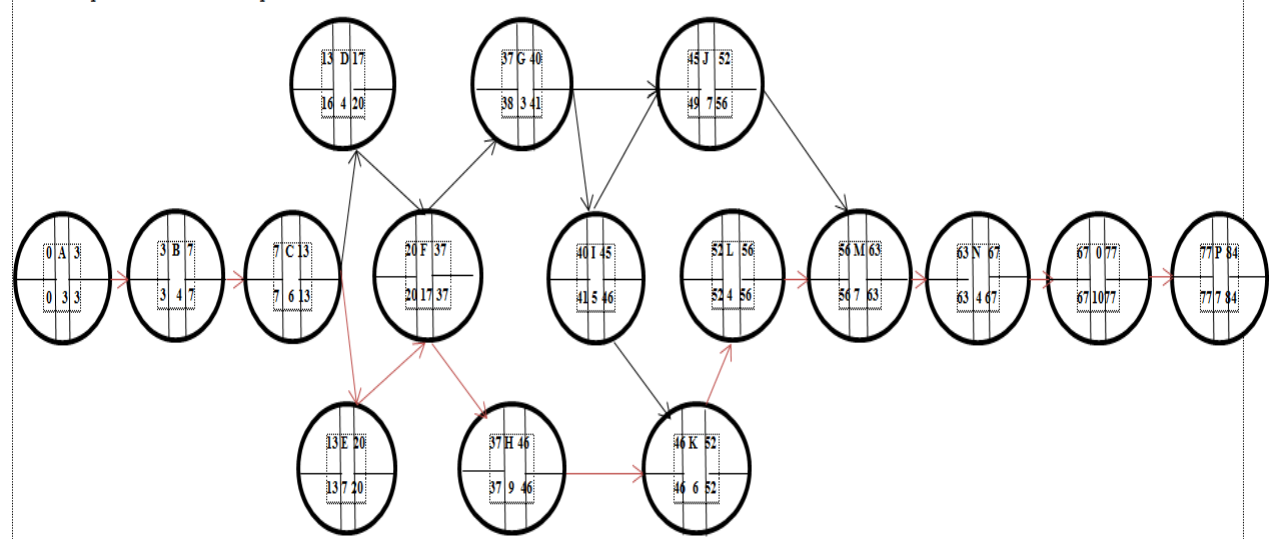
Untuk menentukan nilai waktu C ada dua pilihan kegiatan yaitu D dan E yang kemudian dipilih nilai waktu terkecil atau terpendek, jadi nilai terkecil adalah kegiatan E dengan waktu 13, maka nilai waktu LS (*latest start*) kegiatan C adalah 7.

Selanjutnya adalah nilai waktu kegiatan B dengan LF (*latest finish*) 7 dikurangi dengan nilai waktu sebenarnya yaitu 4, maka nilai waktu LS (*latest start*) kegiatan B adalah 3, dan yang terakhir adalah nilai waktu kegiatan A yang mempunyai nilai LF (*latest finish*) 3 yang dikurangi dengan waktu sebenarnya yaitu 3, maka nilai LS (*latest start*) kegiatan A adalah 0.

Selanjutnya dengan ditemukannya pola back pass maka peneliti melakukan langkah selanjutnya yaitu penentuan urutan aktivitas kritis atau jalur kritis adalah sebagai berikut:

Langkah pertama membuat pola jalur kritis dengan, peneliti menggunakan bantuan *software generator POM for windows* dengan memasukkan angka *forward pass* atau *early start* (ES) dan *early finish* (EF) dan *back pass* atau nilai *latest finish* (LF) dan *latest start* (LS).

*Forward pass dan Backward pass*



**Gambar 5. Pola Jalur Kritis**

Dari gambar 5 di atas dapat dibuat urutan jalur penyelesaian kegiatan adalah sebagai berikut:

- a. A-B-C-D-F-G-J-M-N-O dan P
- b. A-B-C-D-F-G-I-J-M-N-O dan P
- c. A-B-C-D-F-G-I-K-L-M-N-O dan P
- d. A-B-C-D-F-H-K-L-M-N-O dan P
- e. A-B-C-E-F-G-J-M-N-O dan P
- f. A-B-C-E-F-G-I-J-M-N-O dan P
- g. A-B-C-E-F-G-I-K-L-M-N-O dan P
- h. A-B-C-E-F-H-K-L-M-N-O dan P

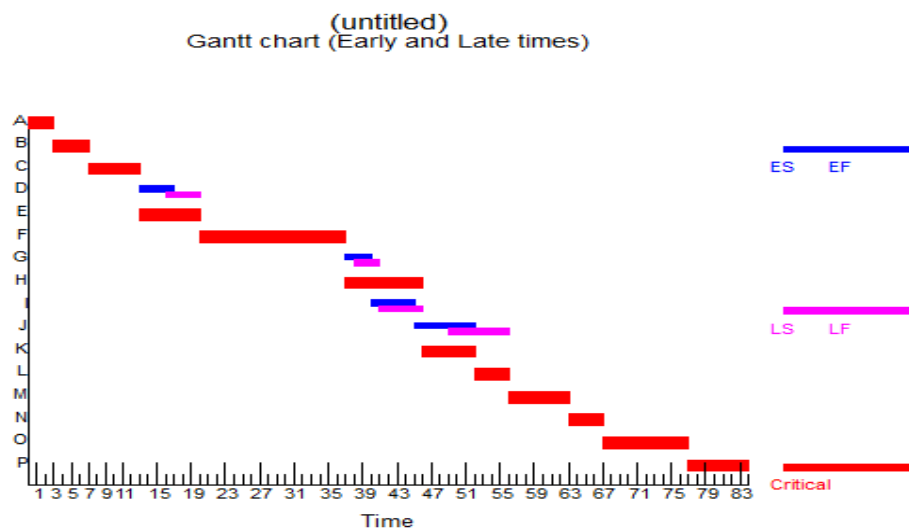
Setelah urutan jalur penyelesaian sudah ditentukan, selanjutnya memilih aktivitas kritis mana saja yang ada dalam diagram jaringan, yaitu urutan A-B-C-E-F-H-K-L-M-N-O dan P.

### Metode Grantt Chart

Menentukan kegiatan yang dilakukan secara bersamaan dengan menggunakan metode *Gantt Chart* dengan menggunakan bantuan *software POM for windows*.

Metode *Gantt Chart* merupakan grafik batang yang berguna untuk menunjukkan tugas-tugas pada suatu proyek serta dapat menjadwalkan waktu pelaksanaan. Metode ini sangat berguna dalam merencanakan penjadwalan serta dapat memantau kegiatan proyek dan mengkomunikasikan kegiatan-kegiatan yang harus dilaksanakan. Metode ini juga mempunyai fungsi dapat merencanakan penjadwalan, menghubungkan aktivitas atau kegiatan proyek dan memantau kegiatan suatu proyek.

Berikut ini adalah metode *gantt chart (early and late times)* yang dapat mengetahui aktivitas atau kegiatan mana saja yang dilakukan secara bersamaan.



**Gambar 6.** Metode *Gantt Chart (early and late times)*

Pada gambar 6 di atas adalah hasil dari *output Software POM for Windows metode gantt chart (early and late times)* dapat dijelaskan bahwa pada bagian sisi kiri terdapat huruf yang jumlahnya 16 terdiri dari A sampai dengan P kemudian yang ada dibagian bawah merupakan durasi waktu kegiatan pengerjaan. Dapat dilihat pada bagian kotak berwarna biru sejajar dengan kotak berwarna merah dan merah muda adalah kegiatan yang dilakukan secara bersamaan. Dilihat pada hari ke-16 sampai hari ke-19 yang dikerjakan secara bersamaan pada kegiatan D dan E, selanjutnya pada hari ke-38 sampai dengan hari ke- 46 yang pengerjaannya dilakukan

secara bersamaan pada kegiatan G dan H, dan selanjutnya pada hari ke-49 sampai dengan hari ke -53 pengerjaannya dapat dilakukan secara bersamaan pada kegiatan J dan K.

## **PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil olah data yang mengacu pada tujuan penelitian melalui alat analisis CPM dan Grantt Chart dapat dipaparkan sebagai berikut:

### **1. Penjadwalan pada proyek pembangunan rumah tinggal tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk**

Penjadwalan merupakan langkah pertama dalam penelitian ini. Hasil dari penjadwalan mengetahui kegiatan pendahulu yang merupakan kegiatan awal dari proyek pendirian rumah di blok B no 24 Perum GIP Kertosono Nganjuk. Berdasarkan data yang dikumpulkan di lokasi penelitian dengan metode penggalian data, wawancara dan observasi diketahui kegiatan awal dengan durasi waktu pengerjaan selama 3 hari. Kemudian dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya yaitu pengerjaan galian tanah dengan waktu 4 hari. Setelah itu dilanjutkan dengan kegiatan ketiga adalah pemasangan pondasi dengan waktu 6 hari. Selanjutnya adalah pengerjaan pemasangan sloof dengan waktu pengerjaan selama 4 hari. Dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya yaitu pekerjaan pasang beton kolom dengan waktu 7 hari.

Setelah memasang sloof dan beton kolom selesai selanjutnya pemasangan dinding dengan waktu pengerjaan selama 17 hari. Kemudian dilanjutkan dengan pemasangan gawang selama 3 hari. Setelah pasang gawang selesai selanjutnya adalah pekerjaan plester dan acian selama 9 hari, dan dilanjutkan dengan pemasangan atap selama 5 hari. Kegiatan selanjutnya adalah pemasangan teras dengan waktu pengerjaan selama 6 hari.

Kemudian kegiatan pasang pintu dan jendela dengan durasi waktu pengerjaan selama 4 hari. Selanjutnya kegiatan pengecatan dengan waktu selama 7 hari, lalu dilanjutkan dengan pengerjaan pemasangan listrik selama 4 hari. Setelah pemasangan listrik berikutnya adalah pekerjaan lain-lain yang dilakukan selama 10 hari, dan dilanjutkan dengan kegiatan *finishing* dengan durasi waktu selama 7 hari.

### **2. Jaringan kerja pada proyek pembangunan rumah tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk**

Jaringan kerja yang ada pada gambar 2 dapat digambarkan dengan menggunakan pola *Activity On Nade* (AON) dari seluruh kegiatan proyek pembangunan rumah yang setiap kegiatan dibatasi dengan titik dan anak panah. Pola *Activity On Nade* (AON) di mana uraian kegiatan dapat digambarkan melalui bentuk garis yang merupakan hubungan antar kegiatan satu dengan yang lain

### **3. Aktivitas kritis atau jalur kritis dalam proyek pembangunan rumah di tipe 45/90 di Perum GIP Kertosono Nganjuk**

Aktivitas kritis atau jalur kritis digambarkan dengan pola metode CPM menggunakan *forward pass* dan *backward pass*. *Forward pass* yaitu dimulainya kegiatan menuju berakhirnya kegiatan sedangkan *backward pass* yaitu dari akhir kegiatan menuju awal kegiatan. Pendekatan ini mampu menentukan setiap uraian waktu kegiatan proyek pembangunan rumah. Aktivitas kritis atau jalur kritis dapat ditentukan dengan menghitung *earliest start* (ES), *latest start* (LS), *earliest finish* (EF) dan *latest finish* (LF) terlebih dahulu.

Untuk menentukan aktivitas jalur kritis dapat dilihat pada gambar 5 di atas ada 8 jalur penyelesaian, sebagai berikut:

- a. A-B-C-D-F-G-J-M-N-O dan P
- b. A-B-C-D-F-G-I-J-M-N-O dan P
- c. A-B-C-D-F-G-I-K-L-M-N-O dan P

- d. A-B-C-D-F-H-K-L-M-N-O dan P
- e. A-B-C-E-F-G-J-M-N-O dan P
- f. A-B-C-E-F-G-I-J-M-N-O dan P
- g. A-B-C-E-F-G-I-K-L-M-N-O dan P
- h. A-B-C-E-F-H-K-L-M-N-O dan P

Selanjutnya adalah menentukan jalur penyelesaian mana yang akan menjadi jalur kritis. Jalur kritis pada ada di urutan f dengan komposisi A-B-C-E-F-H-K-L-M-N-O dan P.

Dan penemuan jalur kritis melalui CPM juga dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Dari analisis data itu terdapat koreksi efisiensi waktu yang sangat signifikan.

Dalam penelitian ini melalui analisis jalur kritis pada proyek pembangunan perumahan ini bahwa waktu penyelesaian proyek bisa dilaksanakan lebih cepat dari waktu yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu 103 hari. Sedangkan hasil dari perhitungan menggunakan metode CPM hanya memerlukan waktu selama 84 hari, terdapat efisiensi waktu dari penjadwalan sebelumnya adalah 19 hari.

#### 4. Kegiatan yang dilakukan secara bersamaan dengan metode *Gantt Chart*

Metode *Gantt Chart* merupakan sejenis grafik batang yang bertujuan untuk menunjukkan tugas-tugas pada proyek serta jadwal dan waktu pelaksanaan. Dalam penelitian ini dari metode *Gantt chart* pada kegiatan pengerjaan yang dilakukan bersamaan yaitu hari ke-16 sampai hari ke-19 pada kegiatan D (Pekerjaan Pasang Sloof) dan E (Pekerjaan Pasang Beton Kolom). Selanjutnya hari ke-38 sampai dengan hari ke-46 pada kegiatan G (Pekerjaan Pasang Gawang) dan H (Pekerjaan Plester dan Acian), terakhir yaitu pada hari ke-49 sampai dengan hari ke-53 pada kegiatan J (Pekerjaan Lantai) dan K (Pekerjaan Teras).

Peran peneliti dalam menentukan sampel dan data sangat penting namun dalam pelaksanaannya masih memiliki keterbatasan, yaitu terkait waktu observasi yang kurang optimal. Di samping masalah keterbukaan pihak pemilik data yang kurang terbuka terutama terkait dengan anggaran pembangunan tersedia. Kondisi ini mengakibatkan hasil dari tujuan penelitian kurang optimal. Ini menjadi sebuah keterbatasan dari penelitian ini.

Di luar dari keterbatasan penelitian melihat hasil dari penelitian yang bisa menjawab dari tujuan penelitian, yakni, terdapat efisiensi penggunaan waktu yang signifikan, dan mendukung hasil penelitian sebelumnya terkait dengan terjadinya efisiensi waktu maka, peneliti berharap metode CPM dan *Gantt Chart* dapat diterapkan dalam rangka tujuan pembangunan yang efisien waktu. Para pelaksana proyek dapat memberikan layanan yang optimal kepada konsumennya.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Urutan kegiatan pada penjadwalan proyek pembangunan rumah di Perum GIP Kertosono Nganjuk diketahui kegiatan pendahulu berdurasi selama 3 hari. Kemudian galian tanah dengan waktu 4 hari. Pemasangan pondasi dengan waktu 6 hari. Pemasangan sloof selama 4 hari. Pekerjaan pasang beton kolom dengan waktu 7 hari. Pemasangan *sloof*, beton kolom setelah pemasangan dinding dengan waktu pengerjaan selama 17 hari. Kemudian pemasangan gawang 3 hari. Pekerjaan plester acian selama 9 hari, dan pemasangan atap selama 5 hari. Kegiatan pemasangan teras memiliki waktu pengerjaan 6 hari. Kemudian adalah kegiatan pasang pintu dan jendela dengan durasi waktu pengerjaan selama 4 hari. Selanjutnya pengecatan selama 7 hari, pemasangan instalai listrik selama 4 hari. Setelah pemasangan listrik berikutnya adalah pekerjaan lain-lain yang dilakukan selama 10 hari, *Finishing* dengan durasi waktu selama 7 hari.

2. Jaringan kerja dapat digambarkan dengan menggunakan pola *Activity On Node* (AON) dari seluruh kegiatan proyek pembangunan rumah yang setiap kegiatan dibatasi dengan titik dan anak panah. Pola *Activity On Node* (AON) di mana uraian kegiatan dapat digambarkan melalui bentuk garis yang merupakan hubungan antar kegiatan satu dengan yang lain.
3. Aktivitas kritis atau jalur kritis digambarkan dengan metode CPM terdapat jalur kritis sebagai berikut A-B-C-E-F-H-K-L-M-N-O dan P. Dari jalur kritis terdapat efisiensi waktu 19 hari sebelumnya diprediksikan membutuhkan waktu 103 hari, namun setelah menggunakan metode CPM proyek ternyata hanya membutuhkan waktu 84 hari,
4. Aktivitas atau kegiatan yang dapat dilakukan secara bersamaan pada proyek pembangunan rumah di Perum GIP Kertosomo Nganjuk melalui metode *Gantt Chart* pada kegiatan hari ke-16 sampai hari ke-19 pada kegiatan D (Pekerjaan Pasang Sloof) dan E (Pekerjaan Pasang Beton Kolom). Selanjutnya hari ke-38 sampai dengan hari ke-46 pada kegiatan G (Pekerjaan Pasang Gawang) dan H (Pekerjaan Plester dan Acian), terakhir yaitu pada hari ke-49 sampai dengan hari ke-53 pada kegiatan J (Pekerjaan Lantai) dan K (Pekerjaan Teras).

## REKOMENDASI

Berdasarkan permasalahan yang ada dalam penelitian ini maka penulis memberi saran sebagai berikut:

### 1. Bagi Pelaksana Proyek

Berdasarkan analisis hasil penelitian perlu menerapkan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Gantt Chart* untuk menjadwalkan proyek sehingga proyek dapat dikerjakan secara lancar dan lebih cepat selesai dan akurat.

### 2. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penggunaan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Gantt Chart* terus dilakukan untuk kepentingan pengembangan riset operasional seperti ini, harapannya bisa mengembangkan ilmu pengetahuan bidang manajemen operasional terutama terkait dengan metode dan alat analisis pada riset operasional dengan sub bidang produksi dan ilmu jasa konstruksi,

## DAFTAR PUSTAKA

### Penelitian

- Aulady, M. F. N., dan Orleans, C. 2016. Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode *Critical Path Method* (CPM) dengan Metode *Critical Chain Project Management* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartemen Menara Rungkut). *Jurnal IPTEK*, 20(1), 13-24.
- Dipoprasetyo, I. 2016. Analisis *Network Planning* dengan *Critical Path Method* (CPM) dalam Usaha Efisiensi Waktu Produksi Pakaian Batik pada Butik “Omahkoe Batik” di Samarinda. *Ejournal Administrasi Bisnis*, 1, 1002-1015.
- Ginanjjar, A. 2017. Optimasi Waktu Penyelesaian Pesanan Khusus Produksi Gitar *Accoustic* pada CV. Butanza Banyuwangi dengan Kombinasi Metode *Pert* dan CPM.
- Ilwaru, V. Y. I., Rahakbauw, D. L., dan Tetimelay, J. 2018. Penjadwalan Waktu Proyek Pembangunan Rumah Dengan Menggunakan *Cpm* (*Critical Path Method*). *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 12 (2), 61-68.
- Islamy, K. Y. 2013. Proses Produksi *Body Galon* (5 kg) Cat Jenis *Envitex* Dengan Metode *Network* Pada *Indaplas-Pt. Indaco Coatings Industry* Kebakkramat Karanganyar.
- Julkarnaen, T. I., Herlina, L., dan Kulsum, K. 2015. Analisa Perbaikan Penjadwalan Perakitan Panel Listrik Dengan Metode CPM dan *PERT* (Studi Kasus: PT. Mega Karya Engineering). *Jurnal Teknik Industri Untirta*, 3 (1).

- Maulana, Y. 2019. Optimasi Lead Time Project Interior Bus Caravan dengan Metode CPM dan PERT pada Industri Karoseri dalam Memperbaiki Kemampuan Penyelesaian Tepat Waktu (Studi Kasus: PT Bahana Selaras). *Teknologi: Jurnal Ilmiah dan Teknologi*, 1(2), 95-102.
- Nalhadi, A., dan Suntana, N. 2017. Analisa Infrastruktur Desa Sukaci-Baros Dengan Metode Critical Path Method (CPM). *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 1(1), 35-42.
- Oktavina, R., dan Maharesi, R. 2012. Model Penjadwalan Proses Produksi Jamu Sesuai Standar Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Baik (Cpotb). *Jurnal Ilmiah Ekonomi Bisnis*, 16 (2).
- Polii, R. B., Walangitan, D. R., dan Tjakra, J. 2017. Sistem Pengendalian Waktu Dengan Critical Path Method (CPM) Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Menara Alfa Omega Tomohon). *Jurnal Sipil Statik*, 5 (6).
- Pancasari, W. 2013. Analisis Network Proses Produksi Trolley Small Pada CV. Rigen Sarana Mukti Di Gilingan Surakarta.
- Pratiwi, O. E. 2010. Teknik Penjadwalan Proses Produksi Batik Motif Kembang Api dengan metode PERT dan CPM pada PT. Batik Semar Surakarta.

#### Buku Teks

- Arif, Arianto 2010, *Eksplorasi Metode Bar Chart, CPM, PDM, PERT, Line Of Balance Dan Tim Chainage Diagram dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sugiyono, P. D. 2016. *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta Bandung.
- Badri, Sofyan, 1997. *Dasar-Dasar Network Planning*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Heizer, J., dan Render, B. 2015. *Manajemen Operasi Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan Edisi 11*. Jakarta: Salemba Empat.
- Husein. 2008. *Manajemen Proyek, Perencanaan, penjadwalan dan Pengendalian Proyek*, Yogyakarta

#### Prosiding

- Muzdalifah, L., dan Kurniawati, E. F. 2019. CPM-CS untuk Optimasi Penjadwalan Proyek. *Prosiding SNasPPM*, 4 (1), 163-166. Prosiding

#### Penelitian Disertasi

- Astuti, I. 2015. Analisis Jaringan Kerja Proses Produksi Gula di PG Djombang Baru, Jombang, Jawa Timur (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya). Disertasi
- Anggraeni, D. 2016. *Lean manufacturing produksi gula pasir pada PG. Wonolangan* (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga). Disertasi
- Rohdiana, A. A. 2017. Usulan Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance dengan Pengimplementasian CPM (Studi Kasus: PT. Agronesia Divisi Industri Es Saripetojo) (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik). Disertasi