

# **SISTEM PENGENDALIAN WAKTU DENGAN CRITICAL PATH METHOD (CPM) PADA PROYEK KONSTRUKSI**

## **(Studi Kasus : Menara Alfa Omega Tomohon)**

**Rovel Brando Polii**

**D. R. O. Walangitan, Jermias Tjakra**

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [rovelbrando@gmail.com](mailto:rovelbrando@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Penjadwalan proyek membantu menunjukkan hubungan setiap aktivitas dengan aktivitas lainnya dan terhadap keseluruhan proyek, mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan diantara aktivitas, serta menunjukkan perkiraan waktu yang realistis untuk setiap aktivitas.*

*Critical Path Method (CPM) membuat asumsi bahwa waktu aktivitas yang diketahui dengan pasti sehingga hanya diperlukan satu faktor waktu untuk setiap aktivitas. Salah satu keuntungan yaitu metode ini cocok untuk formulasi, penjadwalan, dan mengelola berbagai kegiatan disemua pekerjaan konstruksi, karena menyediakan jadwal yang dibangun secara empiris. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui umur proyek dan lintasan kritis dalam pengendalian waktu dengan Critical Path Method (CPM) pada Proyek Pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon. Dengan menggunakan Critical Path Method (CPM) diketahui bahwa proyek membutuhkan waktu 249 hari untuk menyelesaikan rangkaian aktivitas pekerjaan dari awal hingga akhir, perhitungan dengan Critical Path Method (CPM) juga dapat menampilkan pekerjaan-pekerjaan yang ada lintasan kritis melalui Network Diagram atau Jaringan kerja yang merupakan ciri khas Critical Path Method (CPM).*

**Kata kunci:** *Penjadwalan, Critical Path Method (CPM), Network Diagram*

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Pertumbuhan bangsa Indonesia diberbagai sektor terjadi dengan cepat dan semakin baik, dalam pertumbuhan bangsa yang ada saat ini dinilai belum seimbang antara daerah seputar ibukota dengan daerah - daerah terluar indonesia, hal ini mendorong pemerintah untuk memprioritaskan pembangunan infrastruktur di daerah - daerah terluar indonesia, termasuk didalamnya adalah provinsi Sulawesi Utara.

Seiring dengan pertumbuhan positif yang ada terselesaikannya suatu proyek infrastruktur tepat waktu juga menjadi suatu prioritas. disini peran manajemen proyek sangat penting guna meminimalkan kegagalan dan keterlambatan dalam menyelesaikan suatu proyek.

Untuk dapat menyelesaikan suatu proyek tepat waktu di perlukan Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian proyek yang tepat. Namun, sering kali masih banyak penyelesaian proyek dikelola belum tepat karena tidak efektif dan efisien. Hal ini mengakibatkan

waktu penyelesaian proyek terlambat dan biaya proyek membengkak.

Berdasarkan informasi dan pengamatan yang dapat, adanya keterlambatan yang di sebabkan oleh posisi tiang listrik PLN dan tiang kabel telepon PT. Telkom pada proyek pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon, hal ini mendorong penulis untuk melakukan studi pada proyek konstruksi milik PT. Cahaya Abadi Lestari, dengan mencoba menyusun penjadwalan kembali menggunakan *Critical Path Method (CPM)*.

#### **Rumusan Masalah**

Dengan melihat kepada latar belakang yang ada maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Berapakah umur proyek pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon jika dilakukan penjadwalan ulang dengan menggunakan metode CPM.
2. Apa saja kegiatan kritis dan non kritis dalam proyek pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon
3. Bagaimana perbandingan durasi waktu antara penjadwalan rencana pembangunan

Menara Alfa Omega Tomohon dengan penjadwalan metode CPM

### Batasan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahannya dibatasi pada hal berikut:

1. Data proyek yang dianalisa adalah data proyek pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon.
2. Metode penjadwalan yang digunakan adalah *Critical Path Method (CPM)*.
3. Yang menjadi tinjauan hanya pada terhadap segi durasi saja.
4. Perhitungan durasi menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan berdasarkan SNI.

### Tujuan Penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui umur proyek pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon berdasarkan penjadwalan dengan menggunakan metode CPM.
2. Mengetahui kegiatan kritis dan non kritis dalam proyek pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon.
3. Mengetahui perbandingan waktu antara penjadwalan rencana pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon yang menggunakan bar chart dan penjadwalan dengan *Critical Path Method* CPM hasil analisis.

### Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi bagi pihak kontraktor mengenai perencanaan durasi proyek konstruksi agar dapat menjadi pilihan untuk menutupi keterlambatan yang ada. Dan untuk rekan – rekan mahasiswa agar dapat dijadikan referensi tambahan mengenai metode CPM.

## LANDASAN TEORI

### Manajemen Proyek

Manajemen Proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Render, 2005), yaitu :

- a. Perencanaan. Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek dan organisasi tim-nya.
- b. Penjadwalan. Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
- c. Pengendalian. Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran.

Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

### Penjadwalan Proyek

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 :

- a. Diagram Batang / *Gantt Chart*
- b. Penjadwalan Linier
- c. Diagram Jaringan / *Network Diagram*

### Diagram Batang / *Gantt Chart*

*Gantt Chart* merupakan diagram perencanaan yang digunakan untuk penjadwalan sumber daya dan alokasi waktu (Heizer, Jay dan Render, Barry, 2006). *Gantt Chart* adalah contoh teknik non-matematis yang banyak digunakan dan sangat populer di kalangan para manajer karena sederhana dan mudah dibaca.

### Penjadwalan Linier

Menurut Mawdesley et al., (1997) Metode penjadwalan linear adalah metode yang efektif untuk proyek yang memiliki karakteristik kegiatan berulang, baik yang bersifat horizontal maupun vertikal.

### *Line of Balance (LoB)*

*Line of Balance (LoB)* pada mulanya berasal dari industri manufaktur dan kemudian pada tahun 1942 dikembangkan oleh Departemen Angkatan Laut AS untuk pemrograman dan pengendalian proyek-proyek yang bersifat repetitif. Kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *Nation Building Agency* di Inggris untuk proyek-proyek perumahan yang bersifat repetitif, di mana alat penjadwalan yang berorientasi pada sumber daya ini ternyata lebih sesuai dan realistis daripada alat penjadwalan yang berorientasi.

### *Time Chainage Diagram*

*Time Chainage Diagram* adalah merupakan salah satu metode dari penjadwalan linear. Nama lain dari *Time Chainage Diagram* adalah *Space Time Diagram*. *Time Chainage Diagram* adalah variasi lain dari LoB (Mawdesley et al., 1989). Metode ini juga dikenal sebagai *Time Distance Chart* yaitu merupakan perluasan sederhana dari

metode *Bar Chart* yang dikenal luas oleh pengguna sistem perencanaan.

**Diagram jaringan / Network Diagram**

Metode *Network Diagram* atau metode jaringan kerja diperkenalkan pada tahun 50-an oleh tim perusahaan *DuPont* dan *Rand Corporation* untuk mengembangkan sistem kontrol manajemen.

Ada dua pendekatan yang digunakan dalam *Network Diagram* yaitu :

1. *Activity On Node (AON)*
2. *Activity On Arrow (AOA)*

**Gambar 1. Perbandingan Dua Pendekatan Menggambarkan Jaringan Kerja**

No	Kegiatan Pada Titik (AON)	Kegiatan	Kegiatan Pada Panah (AOA)
1		A mendahului B, C dapat dikerjakan setelah B selesai	
		C dapat dikerjakan jika A dan B selesai	
		B dan C tidak dapat dimulai hingga A selesai	
		C dan D tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai	

Sumber : *Principles of Operations Management, 2004*

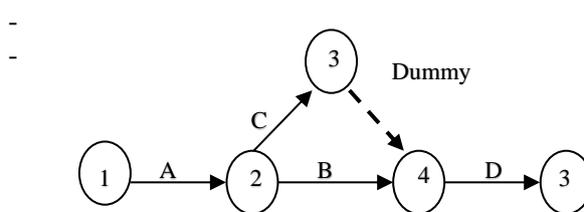
**Precedence Diagram Method (PDM)**

PDM metode yang digunakan adalah *Activity on Node (AON)* di mana tanda panah hanya menyatakan keterkaitan antara kegiatan. Kegiatan dari peristiwa pada PDM ditulis dalam bentuk node yang berbentuk kotak segi empat.

**Activity On Arrow (AOA)**

Beberapa hal yang digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan network diagram adalah sebagai berikut :

- Dalam penggambaran, network diagram harus jelas dan mudah untuk dibaca.
- Harus dimulai dari event/kejadian dan diakhiri pada event/kejadian.
- Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang digambar garis lurus dan boleh patah.
- Dihindari terjadinya perpotongan antara anak panah.



**Gambar 2. Network diagram AOA**

Untuk membentuk visualisasi dari network planning, perlu digunakan simbol-simbol yaitu:

1. **Arrow**, (anak panah), menyatakan sebuah kegiatan / aktivitas yang memerlukan durasi (jangka waktu tertentu).
2. **Node**, merupakan lingkaran yang menyatakan sebuah kegiatan atau peristiwa (event) sebagai awal atau akhir atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan.
3. **Double Arrow**, bentuknya merupakan arah panah sejajar, yang menunjukkan kegiatan lintasan kritis (critical path).
4. **Dummy**, bentuknya merupakan arah panah terputus - putus yang menyatakan kegiatan semu untuk membatasi mulainya kegiatan.

**Critical Path Method (CPM)**

Dalam proyek CPM (*Critical Path Method – Metode Jalur Kritis*) dikenal dengan adanya jalur kritis yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama.

**Menyusun Jaringan CPM**

Setelah kita mempelajari simbol-simbol yang digunakan untuk membentuk sebuah network AOA, kita menentukan network diagram dengan logika ketergantungan tiap kegiatan satu dengan yang lain maka sekarang kita harus meninjau “waktu” pelaksanaan tiap-tiap kegiatan dan menganalisa seluruh network diagram untuk mendapatkan waktu-waktu terjadinya masing-masing peristiwa (kejadian) yaitu berupa sebuah lingkaran seperti pada gambar di bawah ini.

**Gambar 3 Event (Lingkaran kejadian)**

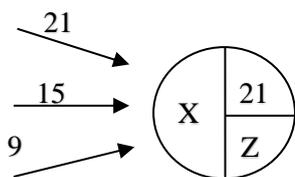
Bila suatu lingkaran kejadian dibagi menjadi 3 ruang yang mempunyai arti sebagai berikut:

**Ruang X**, Yang terletak disebelah kiri disediakan untuk nomor lingkaran kejadian (Number of event).

**Ruang Y**, Yang terletak di sebelah kiri disediakan untuk menunjukkan “waktu” paling awal peristiwa itu dapat dikerjakan (EET = Earliest Event Time)

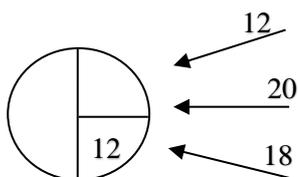
**Ruang Z**, Yang terletak pada bagian kanan bawah disediakan untuk menunjukkan “waktu paling akhir peristiwa itu dapat dikerjakan” (LET = Latest Event Time).

**Menghitung EET dan LET Menggunakan Cara Langsung (Metode Algoritma)**



**Gambar 4. Contoh event dengan perhitungan EET**

Cara ini adalah cara untuk mempermudah *Network Planning* di dalam mencari jalur kritis. Perhitungan EET dilakukan melalui event awal bergerak ke event akhir dengan cara menjumlahkan, yaitu antara EET ditambah durasi. Dan bila pada suatu event bertemu dua atau lebih kegiatan, EET yang dipakai adalah waktu yang terbesar.



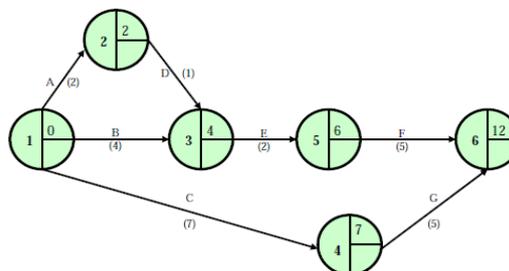
**Gambar 5. Contoh event dengan perhitungan LET**

Menghitung LET dilakukan mulai dari event akhir bergerak mundur dengan jalan mengurangi, yaitu antara LET dikurangi durasi. Dan apabila pada suatu event

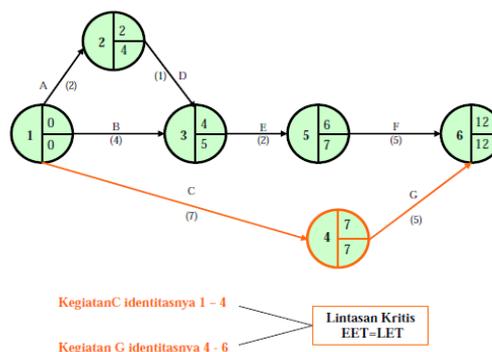
**Lintasan Kritis**

Lintasan kritis atau waktu kritis adalah jumlah waktu pelaksanaan didalam suatu event yang tidak boleh dilampaui dalam melaksanakan suatu rangkaian kegiatan. Lintasan kritis terjadi pada suatu event yang mempunyai: EET = LET.

1. Mulai dari event yang pertama kearah kanan menuju event yang terakhir.
2. Dengan cara penjumlahan.
3. Apabila EET dari satu event tergantung oleh lebih dari satu kegiatan maka yang menentukan adalah hasil penjumlahan yang terbesar.



**Gambar 2.11 Network Diagram EET (Saat paling cepat terjadi)**



**Gambar 6. Network Diagram LET (Saat paling lambat terjadi)**

- 1) Mulai dari event yang terakhir kearah kiri menuju event yang pertama dengan cara pengurangan.
- 2) Apabila LET dari suatu event tergantung pada lebih dari satu kegiatan, maka yang menentukan adalah hasil pengurangan yang terkecil.

**Durasi aktivitas**

Produktivitas pekerja digunakan sebagai sumber ketidakpastian untuk menyusun jadwal probabilistik. Dari data produktivitas, dapat diperoleh durasi kegiatan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas}}$$

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat Penelitian

- a. Nama Proyek : Pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon
- b. Lokasi Proyek : Kota Tomohon, Sulawesi Utara



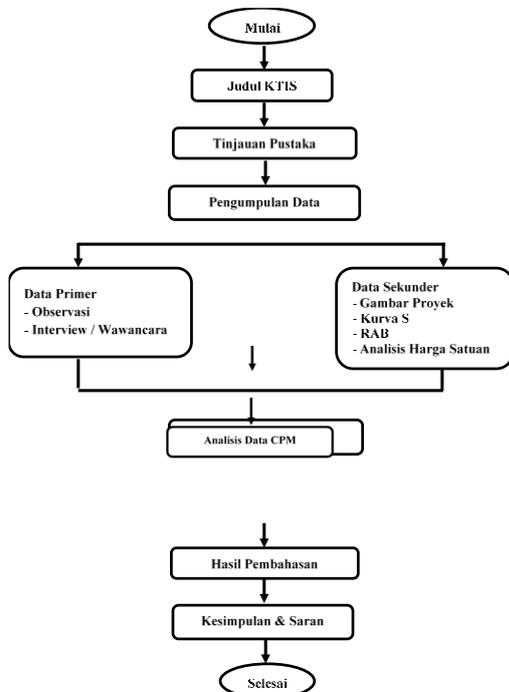
**Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian**

Sumber : Google Earth (diambil:17/6/2017)

### Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 2 bulan mulai dari persiapan, survei lapangan, analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) sampai penyusunan hasil penelitian.

### Diagram Alir Penelitian



**Gambar 8. Bagan Alir Penelitian**

### Metode Pengumpulan Data

- a. Data primer
  - Observasi
  - Interview/wawancara
- b. Data sekunder
  - RAB
  - Kurva S ( jadwal rencana )
  - Gambar proyek
  - Analisa harga satuan SNI bangunan tahun 2008

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Kumpulan Data Proyek

Berikut adalah data proyek yang tertera dalam papan proyek :

- a. Nama Proyek : Pembangunan Menara Alfa Omega
- b. Lokasi : Kota Tomohon
- c. Waktu Pelaksanaan : 270 Hari Kalender
- d. Harga Kontrak : Rp. 9.981.800.000,00
- e. Pelaksana : PT. CAHAYA ABADI LESTARI
- f. Pengawas : PT. ANUGERAH MAESA LESTARI
- g. Perencana : CV. WANA HIJAU CONSULTAN

### Wawancara

- a. Jam kerja
 

Dari hasil wawancara di lokasi, didapatkan informasi mengenai jam kerja yaitu sebagai berikut :

Jam kerja normal perhari

- Mulai = 08.00
- Selesai = 17.00
- Istirahat = 1 jam

Jam kerja sehari pada jam normal adalah 8 jam.

- b. Tenaga Kerja

Pada saat pengambilan data diketahui jumlah tenaga kerja yang ada di lokasi proyek adalah 25 orang yang terdiri dari pekerja, tukang, dan kepala tukang. Asal daerah pekerja dipilih dari daerah Jawa dan daerah Tomohon. Akan tetapi, jumlah pekerja dapat berubah sesuai dengan kebutuhan.

### Data Sekunder

Data sekunder yang di dapatkan berupa RAB/BQ, jadwal perencanaan, gambar kerja, dan harga satuan pekerjaan dapat di lihat pada bagian lampiran.

**Analisis Metode Critical Path Method  
Pemilihan Pekerjaan**

Kriteria dalam pemilihan item pekerjaan ini adalah pekerjaan yang membutuhkan durasi kerja lebih lama dan pekerjaan yang saling terikat satu sama lain, dalam hal ini pekerjaan struktur. Berikut adalah item - item pekerjaan yang telah dipilih dan disusun dalam tabel 1.

**Tabel 1. Pemilihan Pekerjaan**

NO	Uraian Pekerjaan	satuan	VOLUME	BOBOT
1	PEKERJAAN PERSIAPAN			2,472
<b>PEKERJAAN TANAH &amp; PONDASI</b>				
2	Pasang bouwplank papan 2/20 kaso 5/7 kayu borneo	m'	100,00	0,072
3	Galian tanah biasa sedalam 1 m' - 3m'	m3	106,32	0,124
4	Boring pondasi sumuran d.50cm	m'	256,00	0,917
5	Urugan pasir bawah pondasi tebal 10 cm	m3	36,83	0,227
6	Lantai Kerja bawah pondasi tebal 5 cm	m3	1,75	0,029
7	Pondasi rollag pada teras	m'	80,00	0,373
8	Pondasi batu kali/gunung 1:5	m3	22,14	0,278
<b>PEKERJAAN STRUKTUR &amp; BETON</b>				
9	Cor beton pondasi sumuran f'c = 26, 4MPa	m3	50,24	0,950
10	Pembesian pondasi	kg	3.517,40	0,643
11	Cor poor beton f'c = 26, 4MPa	m3	44,00	0,832
12	Pembesian poor	kg	4.785,40	0,875
13	Bekesting poor	m3	54,40	0,101
14	Sloof beton f'c = 26, 4MPa	m3	3,75	0,071
15	Pembesian sloof	kg	608,86	0,111
16	Bekesting sloof	m2	49,20	0,106
17	Kolom utama beton f'c = f'c = 26, 4MPa	m3	210,60	3,983
18	Pembesian kolom	kg	29.256,04	5,349
19	Bekesting kolom	m2	545,30	2,733
20	Balok utama lt1 beton f'c = 26, 4MPa	m3	21,17	0,400
21	Pembesian balok	kg	4.461,44	0,816
22	Bekesting balok	m2	134,40	0,690
23	Balok utama lt2 beton f'c = 26, 4MPa	m3	12,85	0,243
24	Pembesian balok	kg	2.744,90	0,502
25	Bekesting balok	m2	94,76	0,486
26	Balok utama lt3 beton f'c = 26, 4MPa	m3	8,66	0,164
27	Pembesian balok	kg	1.695,33	0,310
28	Bekesting balok	m2	76,44	0,392
29	Balok anak lt1 beton f'c = 26, 4MPa	m3	11,19	0,212
30	Pembesian balok	kg	1.754,68	0,321
31	Bekesting balok	m2	77,30	0,397
32	Balok anak lt2 beton f'c = 26, 4MPa	m3	8,54	0,162
33	Pembesian balok	kg	834,34	0,153
34	Bekesting balok	m2	16,89	0,087
35	Balok anak lt3 beton f'c = 26, 4MPa	m3	7,69	0,145
36	Pembesian balok	kg	797,00	0,146
37	Bekesting balok	m2	50,96	0,261
38	Plat beton lt1 f'c = 21,7 Mpa	m3	45,00	0,883
39	Pembesian plat	kg	3.794,40	0,694
40	Bekesting plat	m2	225,00	1,837
41	Plat beton lt2 f'c = 21,7 Mpa	m3	19,15	0,376
42	Pembesian plat	kg	1.847,27	0,338
43	Bekesting plat	m2	127,69	1,042
44	Plat beton lt3 f'c = 21,7 Mpa	m3	10,77	0,211
45	Pembesian plat	kg	1.198,06	0,219
46	Bekesting plat	m2	82,81	0,676
47	Cor pondasi telapak f'c = 26,4 Mpa	m3	1,44	0,028
<b>PEKERJAAN RANGKA BESI</b>				
48	Besi siku 150x150x15	kg	8.865,00	3,134
49	Besi siku 120x120x12	kg	5.605,00	1,982
50	Besi siku 100x100x10	kg	1.072,30	0,379
51	Besi siku 60x60x6	kg	127,20	0,045
52	Rangka besi salib	kg	1.211,00	0,428
53	Pipa stainless 1,5"	m	304,90	0,605
54	Baut rangka menara besi	ls	1,00	0,072
55	Besi angker	ls	1,00	0,041
<b>PEKERJAAN PASANGAN DAN PLESTERAN</b>				
56	Pas. Dinding bata merah tebal 1/2 bata camp. 1 SP : 4 PP	m2	100,20	0,224
57	Pas. Dinding bata merah tebal 1 bata camp. 1 SP : 4 PP	m2	64,00	0,292
58	Plesteran campuran 1 SP : 4 PP tebal 15 mm	m2	328,00	0,283
59	Acian dinding	m2	328,00	0,158
<b>PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA&amp; PANEL KOMPOSIT</b>				
60	Panel komposit aluminium dinding warna gold	m2	183,70	2,867
61	Panel komposit aluminium lys warna gold	m2	177,60	2,771
62	Panel komposit aluminium omega warna gold	m2	178,40	2,784
<b>PEKERJAAN PENGECATAN.</b>				
63	Pengecatan tembok baru ( 1 lapis plamur, 1 lapis cat das	m2	1.877,59	1,143
64	PEKERJAAN FINISHING LANTAI DAN DINDING			5,244
65	PEKERJAAN LISTRIK.			12,454
66	PEKERJAAN SANITARY & PLUMBING			1,127
67	PEK. LAIN-LAIN			16,723

**Menghitung durasi dan jumlah pekerja**

Durasi atau lamanya pekerjaan dihitung menggunakan koefisien sesuai dengan Harga Satuan Pekerjaan konstruksi berdasarkan SNI tahun 2008 (lampiran C). Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan untuk mengetahui durasi dan jumlah pekerja pada setiap kerjaan pekerjaan

a. Untuk pekerjaan 1 m pasang bouwplank papan 2/20 kaso 5/7 kayu borneo sepanjang 1 m dibutuhkan tenaga kerja sebanyak :

- Pekerja = 0.1 OH
- Tukang = 0.1 OH Kepala
- K. tukang = 0.01 OH
- Mandor = 0.005 OH

b. Mempermudah perhitungan maka ditentukan "Pekerja" sebagai tenaga kerja acuan/patokan, untuk menentukan jumlah pekerja dalam 1 grup.

Jadi, Produktivitas 1 grup dalam 1 hari pada jam kerja normal untuk mengerjakan bowplank sepanjang 10 m dibutuhkan :

- Pekerja = 1 orang
- Tukang = 1 orang
- K. tukang = 0.1 orang
- Mandor = 0.05 orang

c. D disesuaikan dengan jumlah tenaga kerja yang ada saat pengumpulan data, maka dalam perencanaan, penentuan berapa banyak grup pekerja yang bekerja dalam sehari, jumlah tenaga kerja tidak boleh melebihi jumlah keseluruhan tenaga kerja yang ada.

Ditentukan jumlah grup adalah 5 grup. Maka dalam sehari membutuhkan :

- Pekerja = 5 orang
- Tukang = 5 orang
- K. tukang = 0,1 orang
- Mandor = 0.25 orang

Jadi, produktivitas 5 grup dalam 1 hari (jam kerja normal) :

Produktivitas = 10 m x 5 grup  
= 50 m

Produktivitas 5 grup tenaga kerja sebesar 50 m perhari.

d. Untuk pekerjaan pembuatan Pagar Sementara dari seng gelombang tinggi 2 m dengan volume 200 m<sup>2</sup> membutuhkan durasi: Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}}$

$\frac{200 \text{ m}^2}{50 \text{ m}} = 4 \text{ hari}$

Jadi, untuk menyelesaikan pekerjaan ini dibutuhkan waktu 2 hari.

Contoh perhitungan ini di terapkan dalam setiap pekerjaan dan dibuat tabel 4.2 durasi dan jumlah tenaga kerja berikut .

**Tabel 2. Durasi dan Jumlah Tenaga Kerja**

c	Uraian Pekerjaan	PEKERJA	TUKANG	KEPALA TUKANG	MANDOR	DURASI hari
		Orang	Orang	Orang	Orang	
1	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					14
	<b>PEKERJAAN TANAH &amp; PONDASI</b>					
2	Pasang bouwplank papan 2/20 kaso 5/7 kayu borneo	1	5	5	1	2
3	Galian tanah biasa sedalam 1 m <sup>3</sup> - 3m <sup>3</sup>			13	1	7
4	Boring pondasi sumuran d.50cm					14
5	Urugan pasir bawah pondasi tebal 10 cm			7	1	2
6	Lantai Kerja bawah pondasi tebal 5 cm	1	1	3	1	1
7	Pondasi rollag pada teras	1	3	7	1	7
8	Pondasi batu kali/gunung 1:5	1	3	6	1	6
	<b>PEKERJAAN STRUKTUR &amp; BETON</b>					
9	Cor beton pondasi sumuran Fc = 26, 4MPa	1	2	12	1	7
10	Pembesian pondasi	1	7	7	1	4
11	Cor poor beton Fc = 26, 4MPa	1	3	13	1	6
12	Pembesian poor	1	9	9	1	4
13	Bekesting poor	1	3	6	1	5
14	Sloof beton Fc = 26, 4MPa	1	1	4	1	2
15	Pembesian sloof	1	3	3	1	2
16	Bekesting sloof	1	5	9	1	3
17	Kolom utama beton Fc = 26, 4MPa	1	3	16	1	22
18	Pembesian kolom utama beton Fc = 26, 4MPa	1	9	9	1	23
19	Bekesting kolom utama beton Fc = 26, 4MPa	1	7	13	1	22
20	Balok utama I11 beton Fc = 26, 4MPa	1	2	12	1	3
21	Pembesian balok anak I11 beton Fc = 26, 4MPa	1	8	8	1	4
22	Bekesting balok anak I11 beton Fc = 26, 4MPa	1	6	12	1	6
23	Balok utama I12 beton Fc = 26, 4MPa	1	2	8	1	3
24	Pembesian balok anak I12 beton Fc = 26, 4MPa	1	7	7	1	3
25	Bekesting balok anak I12 beton Fc = 26, 4MPa	1	5	10	1	5
26	Balok utama I13 beton Fc = 26, 4MPa	1	2	8	1	2
27	Pembesian balok anak I13 beton Fc = 26, 4MPa	1	6	6	1	2
28	Bekesting balok anak I13 beton Fc = 26, 4MPa	1	4	8	1	5
29	Balok anak I11 beton Fc = 26, 4MPa	1	2	7	1	3
30	Pembesian balok anak I11 beton Fc = 26, 4MPa	1	3	3	1	5
31	Bekesting balok anak I11 beton Fc = 26, 4MPa	1	5	9	1	5
32	Balok anak I12 beton Fc = 26, 4MPa	1	1	5	1	3
33	Pembesian Balok anak I12 beton Fc = 26, 4MPa	1	3	3	1	2
34	Bekesting Balok anak I12 beton Fc = 26, 4MPa	1	3	5	1	2
35	Balok anak I13 beton Fc = 26, 4MPa	1	2	7	1	2
36	Pembesian balok anak I13 beton Fc = 26, 4MPa	1	3	3	1	2
37	Bekesting balok anak I13 beton Fc = 26, 4MPa	1	5	9	1	3
38	Plat beton I11 Fc = 21,7 Mpa	1	2	11	1	7
39	Pembesian plat beton I11 Fc = 21,7 Mpa	1	6	6	1	5
40	Bekesting plat beton I11 Fc = 21,7 Mpa	1	6	12	1	10
41	Plat beton I12 Fc = 21,7 Mpa	1	2	11	1	3
42	Pembesian plat beton I12 Fc = 21,7 Mpa	1	3	3	1	5
43	Bekesting plat beton I12 Fc = 21,7 Mpa	1	4	8	1	9
44	Plat beton I13 Fc = 21,7 Mpa	1	1	5	1	4
45	Pembesian plat beton I13 Fc = 21,7 Mpa	1	2	2	1	5
46	Bekesting plat beton I13 Fc = 21,7 Mpa	1	3	6	1	8
47	Cor pondasi telapak Fc = 26,4 Mpa	1	1	2	1	2
	<b>PEKERJAAN RANGKA BESI</b>					
48	Besi siku 150x150x15	2	11	11	1	49
49	Besi siku 120x120x12	2	11	11	1	31
50	Besi siku 100x100x10	1	6	6	1	11
51	Besi siku 60x60x6	1	3	3	1	3
52	Rangka besi salib	1	5	5	1	15
53	Pipa stainless 1,5"					14
54	Baut rangka menara besi					35
55	Besi angker					35
	<b>PEKERJAAN PASANGAN DAN PLESTERAN</b>					
56	Pas. Dinding bata merah tebal 1/2 bata camp. 1 SP : 4 PP	1	2	5	1	7
57	Pas. Dinding bata merah tebal 1 bata camp. 1 SP : 4 PP	1	1	3	1	13
58	Plesteran campuran 1 SP : 4 PP tebal 15 mm	1	5	9	1	11
59	Acian dinding	1	5	9	1	8
	<b>PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA&amp; PANEL KOMPOSIT</b>					
60	Panel komposit aluminium dinding warna gold	1	14	9	1	31
61	Panel komposit aluminium lys warna gold	1	14	9	1	30
62	Panel komposit aluminium omega warna gold	1	13	9	1	32
	<b>PEKERJAAN PENGECATAN.</b>					
63	Pengecatan tembok ( 1 lapis plamur, 1 lapis cat dasar, 2	1	7	2	1	19
64	<b>PEKERJAAN FINISHING LANTAI DAN DINDING</b>					53
65	<b>PEKERJAAN LISTRIK.</b>					21
66	<b>PEKERJAAN SANITARY &amp; PLUMBING</b>					14
67	<b>PEK. LAIN-LAIN</b>					63

**Hubungan Antar Kegiatan**

Komponen-komponen kembali disusun menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan yang didasarkan pada studi literature mengenai metode pelaksanaan pekerjaan gedung bertingkat dan melalui pengamatan serta wawancara langsung dilapangan. Selanjutnya dibuat Tabel 3 untuk menunjukkan item pekerjaan, beserta hubungan/keterkaitan antar pekerjaan dengan penaman/notasi untuk mempermudah penulisan item pekerjaan/kegiatan dalam perhitungan selanjutnya.

**Tabel 3. Hubungan Antar Kegiatan**

NO	NOTASI	Uraian Pekerjaan	KEGIATAN YANG MENDAHULUI	DURASI (hari)
1	A	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>	-	14
2	B	Pasang bouwplank papan 2/20 kaso 5/7 kayu borneo	A	2
3	C	Galian tanah biasa sedalam 1 m <sup>3</sup> - 3m <sup>3</sup>	B	7
4	D	Boring pondasi sumuran d.50cm	C	14
5	E	Urugan pasir bawah pondasi tebal 10 cm	C	2
6	F	Lantai Kerja bawah pondasi tebal 5 cm	C	1
7	DUMMY A	-	E,F	
8	G	Pembesian pondasi	D,DUMMY A	4
9	H	Cor beton pondasi sumuran Fc = 26, 4MPa	G	7
10	I	Cor pondasi telapak Fc = 26,4 Mpa	G	2
11	J	Pondasi batu kali/gunung 1:5	E,F	6
12	K	Pondasi rollag pada teras	E,F	7
13	L	Pembesian sloof	H,I,J,K	2
14	M	Bekesting sloof	L	3
15	N	Sloof beton Fc = 26, 4MPa	M	2
16	O	Pembesian poor	H,I,J,K	4
17	P	Bekesting poor	O	5
18	Q	Cor poor beton Fc = 26, 4MPa	P	6
19	R	Pembesian kolom utama beton Fc = Fc = 26, 4MPa	N,Q	23
20	S	Bekesting kolom utama beton Fc = Fc = 26, 4MPa	R	22
21	T	Kolom utama beton Fc = Fc = 26, 4MPa	S	4
22	U	Pembesian balok utama I11 beton Fc = 26, 4MPa	T	4
23	V	Bekesting balok utama I11 beton Fc = 26, 4MPa	U	6
24	W	Balok utama I11 beton Fc = 26, 4MPa	V	3
25	X	Pembesian balok anak I11 beton Fc = 26, 4MPa	T	5
26	Y	Bekesting balok anak I11 beton Fc = 26, 4MPa	X	5
27	Z	Balok anak I11 beton Fc = 26, 4MPa	Y	3
28	AA	Pembesian plat beton I11 Fc = 21,7 Mpa	T	5
29	AB	Bekesting plat beton I11 Fc = 21,7 Mpa	AA	10
30	AC	Plat beton I11 Fc = 21,7 Mpa	AB	7
31	AD	Pembesian balok utama I12 beton Fc = 26, 4MPa	W,Z,AC	3
32	AE	Bekesting balok utama I12 beton Fc = 26, 4MPa	AD	5
33	AF	Balok utama I12 beton Fc = 26, 4MPa	AE	3
34	AG	Pembesian Balok anak I12 beton Fc = 26, 4MPa	W,Z,AC	2
35	AH	Bekesting Balok anak I12 beton Fc = 26, 4MPa	AG	2
36	AI	Balok anak I12 beton Fc = 26, 4MPa	AH	3
37	AJ	Pembesian plat beton I12 Fc = 21,7 Mpa	W,Z,AC	5
38	AK	Bekesting plat beton I12 Fc = 21,7 Mpa	AJ	9
39	AL	Plat beton I12 Fc = 21,7 Mpa	AK	3
40	AM	Pembesian balok utama I13 beton Fc = 26, 4MPa	AF,AI,AL	2
41	AN	Bekesting balok utama I13 beton Fc = 26, 4MPa	AM	5
42	AO	Balok utama I13 beton Fc = 26, 4MPa	AN	2
43	AP	Pembesian balok anak I13 beton Fc = 26, 4MPa	AF,AI,AL	2
44	AQ	Bekesting balok anak I13 beton Fc = 26, 4MPa	AP	3
45	AR	Balok anak I13 beton Fc = 26, 4MPa	AQ	2
46	AS	Pembesian plat beton I13 Fc = 21,7 Mpa	AF,AI,AL	5
47	AT	Bekesting plat beton I13 Fc = 21,7 Mpa	AS	8
48	AU	Plat beton I13 Fc = 21,7 Mpa	AT	4
49	AV	Pas. Dinding bata merah tebal 1/2 bata camp. 1 SP : 4	AO,AR,AU	7
50	AW	Pas. Dinding bata merah tebal 1 bata camp. 1 SP : 4	AO,AR,AU	13
51	AX	Besi siku 150x150x15	AO,AR,AU	49
52	AY	Besi siku 120x120x12	AO,AR,AU	31
53	AZ	Besi siku 100x100x10	AO,AR,AU	11
54	BA	Besi siku 60x60x6	AO,AR,AU	3
55	BB	Baut rangka menara besi	AO,AR,AU	35
56	BC	Besi angker	AO,AR,AU	35
57	BD	Pipa stainless 1,5"	AO,AR,AU	14
58	BE	<b>PEKERJAAN LISTRIK</b>	AV,AW	21
59	BF	Plesteran campuran 1 SP : 4 PP tebal 15 mm	AV,AW	11
60	BG	<b>PEKERJAAN SANITARY &amp; PLUMBING</b>	AV,AW	14
61	DUMMY D	-	AV,AW	
62	DUMMY C	-	AO,AR,AU	
63	BH	Panel komposit aluminium dinding warna gold	DUMMY D,DUMMY C	31
64	BI	Panel komposit aluminium lys warna gold	AX,AY,AZ,BA,BB,BC,BD	30
65	BJ	Panel komposit aluminium omega warna gold	AX,AY,AZ,BA,BB,BC,BD	32
66	BK	Rangka besi salib	AX,AY,AZ,BA,BB,BC,BD	15
67	DUMMY B	-	AO,AR,AU	
68	DUMMY E	-	AO,AR,AU	
69	BL	<b>PEKERJAAN FINISHING LANTAI DAN DINDING</b>	DUMMY B,DUMMY E	33
70	BM	Acian dinding	BE,BF	8
71	BN	Pengecatan tembok baru ( 1 lapis plamur, 1 lapis ca	BM,BG	19
72	BO	<b>PEK. LAIN-LAIN</b>	AO,AR,AU	21

**Perhitungan Maju (Forward Pass)**

Forward Pass adalah langkah maju untuk menghitung waktu selesai paling awal suatu kegiatan (EF/ Earliest Finish time). Dengan cara EF = ES + D. Dimana EF (Earliest Finish time) adalah Waktu selesai paling awal suatu kegiatan, ES (Earliest Start time) adalah Waktu mulai paling awal suatu kegiatan, Dan D (Durasi) adalah kurun waktu dari suatu kegiatan.

**Perhitungan Mundur (Backward Pass)**

Backward Pass adalah langkah mundur untuk menentukan waktu paling akhir kegiatan boleh mulai (LS / Latest Start time). Dengan cara  $LS = LF - D$ . Dimana LS (Latest Start time) adalah waktu paling akhir kegiatan boleh mulai, LF (Latest Finish Time) adalah Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai, Dan D (Durasi) adalah kurun waktu dari suatu kegiatan.

**Identifikasi Float Time**

Selanjutnya dapat dihitung waktu mengambang atau float time ( total float, free float dan independent float ) untuk masing-masing kegiatan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$TF = LET_j - DURASI - EET_i$$

$$FF = EET_j - DURASI - EET_i$$

$$IF = EET_j - DURASI - LET_i$$

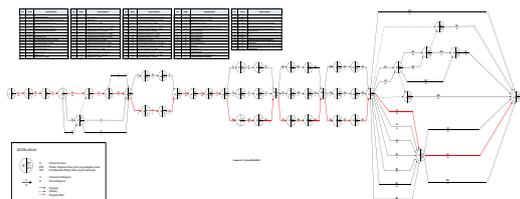
**Identifikasi Lintasan Kritis**

Lintasan kritis adalah lintasan yang melalui aktifitas – aktifitas dengan total float sama dengan nol dan free float sama dengan nol. Dengan diketahuinya Float time (total float, free float, dan independent float) maka Lintasan kritis dapat ditentukan sebagai berikut :

Syarat Umum Lintasan Kritis adalah :

1. Pada kegiatan pertama :  $EET_i = LET_i$
2. Pada kegiatan terakhir :  $EET_j = LET_j$
3. Total Float :  $TF = 0$

Jalur kritis untuk masing-masing kegiatan dapat dilihat pada Tabel 4..



**Gambar 9. Network DIAGRAM**

**Tabel 4. Perhitungan Float dan Jalur Kritis**

NO	NOTASI	Event i - j	DURASI (hari)	EARLIEST		LATEST		FLOAT			KET
				MULAI EETi	SELESAI EETj	MULAI LETi	SELESAI LETj	TOTAL	FREE	INDEPT	
1	A	1-2	14	0	14	0	14	0	0	0	KRITIS
2	B	2-3	2	14	16	14	16	0	0	0	KRITIS
3	C	3-4	7	16	23	16	23	0	0	0	KRITIS
4	D	4-6	14	23	37	23	37	0	0	0	KRITIS
5	E	4-5	2	23	25	23	25	16	0	0	
6	F	4-5	1	23	25	23	25	17	1	1	
7	DUMMY A	1-8									
8	G	6-7	4	37	41	37	41	0	0	0	KRITIS
9	H	7-8	7	41	48	41	48	0	0	0	KRITIS
10	I	7-8	2	41	48	41	48	5	5	5	
11	J	5-8	6	25	48	41	48	17	17	17	
12	K	5-8	7	25	48	41	48	16	16	0	
13	L	8-9	2	48	50	48	58	8	0	0	
14	M	9-10	3	50	53	58	61	8	0	-8	
15	N	10-13	2	53	63	61	63	8	8	0	
16	O	8-11	4	48	52	48	52	0	0	0	KRITIS
17	P	11-12	5	52	57	52	57	0	0	0	KRITIS
18	Q	12-13	6	57	63	57	63	0	0	0	KRITIS
19	R	13-14	23	63	86	63	86	0	0	0	KRITIS
20	S	14-15	22	86	108	86	108	0	0	0	KRITIS
21	T	15-16	4	108	112	108	112	0	0	0	KRITIS
22	U	16-17	4	112	116	112	125	9	0	0	
23	V	17-18	6	116	122	125	131	9	0	-9	
24	W	18-23	3	122	134	131	134	9	9	0	
25	X	16-19	5	112	117	112	126	9	0	0	
26	Y	19-30	5	117	122	126	131	9	0	-9	
27	Z	20-23	3	122	134	131	134	9	9	0	
28	AA	16-21	5	112	117	112	117	0	0	0	KRITIS
29	AB	21-22	10	117	127	117	127	0	0	0	KRITIS
30	AC	22-23	7	127	134	127	134	0	0	0	KRITIS
31	AD	23-24	3	134	137	134	143	6	0	0	
32	AE	24-25	5	137	142	143	148	6	0	-6	
33	AF	25-30	3	142	151	148	151	6	6	0	
34	AG	23-26	2	134	136	134	146	10	0	0	
35	AH	26-27	2	136	138	146	148	10	0	-10	
36	AI	27-30	3	138	151	148	151	10	10	0	
37	AJ	23-28	5	134	139	134	139	0	0	0	KRITIS
38	AK	28-29	9	139	148	139	148	0	0	0	KRITIS
39	AL	29-30	3	148	151	148	151	0	0	0	KRITIS
40	AM	30-31	2	151	153	151	161	8	0	0	
41	AN	31-32	5	153	158	161	166	8	0	-8	
42	AO	32-37	2	158	168	166	168	8	8	0	
43	AP	30-33	2	151	153	151	163	10	0	0	
44	AQ	33-34	3	153	156	163	166	10	0	-10	
45	AR	34-37	2	156	168	166	168	10	10	0	
46	AS	30-35	5	151	156	151	156	0	0	0	KRITIS
47	AT	35-36	8	156	164	156	164	0	0	0	KRITIS
48	AU	36-37	4	164	168	164	168	0	0	0	KRITIS
49	AV	37-38	7	168	181	168	195	20	6	6	
50	AW	37-38	13	168	181	168	195	14	0	0	
51	AX	37-40	49	168	217	168	217	0	0	0	KRITIS
52	AY	37-40	31	168	217	168	217	18	18	18	
53	AZ	37-40	11	168	217	168	217	38	38	38	
54	BA	37-40	3	168	217	168	217	46	46	46	
55	BB	37-40	35	168	217	168	217	14	14	14	
56	BC	37-40	35	168	217	168	217	14	14	14	
57	BD	37-40	14	168	217	168	217	35	35	35	
58	BE	38-40	21	181	202	195	216	14	0	-14	
59	BF	38-40	11	181	202	195	216	24	10	-4	
60	BG	38-41	14	181	210	195	230	35	15	1	
61	DUMMY D	1-62									
62	DUMMY C	1-63									
63	BH	39-43	31	181	249	218	249	37	37	0	
64	BI	40-43	30	217	249	217	249	2	2	2	
65	BJ	40-43	32	217	249	217	249	0	0	0	KRITIS
66	BK	40-43	15	217	249	217	249	17	17	17	
67	DUMMY B	1-68									
68	DUMMY E	1-69									
69	BL	42-43	33	202	249	216	249	14	14	0	
70	BM	40-41	8	202	210	216	230	20	0	-14	
71	BN	41-43	19	210	249	230	249	20	20	0	
72	BO	37-43	21	168	249	168	249	60	60	60	

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan *Critical Path Method* CPM dalam penjadwalan diketahui umur untuk proyek pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon dari awal hingga selesai adalah 249 hari

2. *Critical Path* / Jalur Kritis pada untuk proyek pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon adalah kegiatan dengan notasi A → B → C → D → G → H → O → P → Q → R → S → T → AA → AB → AC → AJ → AK → AL → AS → AT → AU → AW → BJ .
3. Penjadwalan rencana pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon yang menggunakan Barr Chart adalah 270 hari. Sedangkan, Dengan menggunakan *Critical Path Method* CPM pembangunan proyek ini

membutuhkan waktu 249 hari. Jadi, terdapat selisih 21 hari dari kedua metode ini.

#### Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disarankan kepada pihak kontraktor untuk :

1. kegiatan/pekerjaan yang berada pada jalur kritis dapat diberikan perhatian lebih karena dapat mengganggu proyek pembangunan Menara Alfa Omega secara keseluruhan.

2. Jika terjadi keterlambatan kembali, pihak kontraktor dapat melakukan penjadwalan kembali dengan metode-metode percepatan proyek yang berada di jalur kritis.

Dan, dapat disarankan juga kepada rekan-rekan mahasiswa yang akan melakukan penelitian mengenai penjadwalan serupa, untuk melakukan perhitungan bukan hanya ditinjau dari segi waktu tapi juga dari segi biaya, Sehingga perhitungannya menjadi lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, H. 2008. *Manajemen Proyek, perencanaan, penjadwalan & pengendalian proyek*. Yogyakarta
- Arianto, A, 2010. *Eksplorasi Metode Bar Chart, CPM, PDM, PERT, Line of Balance dan Time Chainage Diagram dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi*, Tesis S2 Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Badri, S, 1997. *Dasar-Dasar Network Planning*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Dannyanti, E, 2010. *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT dan CPM*, Skripsi S1 Fakultas Ekonomi Jurusan Manajemen Universitas Diponegoro, Semarang.
- Iwawo, E. R. M, 2016. *Penerapan Metode CPM pada Proyek Konstruksi*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Kusnanto, 2010. *Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode PERT*, Skripsi S1 Fakultas Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Soeharto, I, 1999. *Manajemen Proyek*. Erlangga, Jakarta.
- Soetomo, K, 1997, "Manajemen Konstruksi". Erlangga, Jakarta.
- Tarore, H, 2002. *Jaringan Kerja Dengan Metode CPM, Metode PERT*. Bahan Ajar Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Widiasanti, I, dan Lenggogeni 2013. *Manajemen Konstruksi*. Remaja Rosdakarya, Bandung.