

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan hasil perhitungan optimalisasi waktu dengan menggunakan metode CPM, PERT dan PDM pada proyek pembangunan gedung dinas sosial dan dinas kelautan Kabupaten Gresik. Optimalisasi waktu pada penelitian ini bertujuan untuk mempercepat proses penyelesaian proyek pembangunan gedung. Ada beberapa tahap teknik pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

4.1 Observasi Lapangan

Pada tahap pertama yang dilakukan adalah observasi lapangan dengan mengamati objek penelitian secara langsung di lapangan untuk memperoleh data yang aktual. Dalam observasi lapangan ini peneliti langsung terjun ke lapangan untuk melihat proyek yang akan dijadikan bahan penelitian. Dengan melakukan observasi lapangan, peneliti dapat melakukan identifikasi masalah yang terjadi dalam proyek pembangunan gedung tersebut kemudian merumuskan masalah yang didapat.

Berdasarkan rumusan masalah yang disimpulkan, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan waktu yang optimal dalam penyelesaian proyek pembangunan gedung dengan menggunakan tiga metode yaitu metode CPM, PERT dan PDM yang mempunyai manfaat dapat memberikan informasi waktu tentang kegiatan-kegiatan kritis sehingga dapat mengurangi penundaan penyelesaian proyek tersebut.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah *time schedule* proyek pembangunan gedung dinas sosial dan kelautan Kabupaten Gresik sebagai acuan dalam menganalisis optimalisasi waktu pada proyek tersebut dengan menggunakan tiga metode.

4.2 Studi Kepustakaan

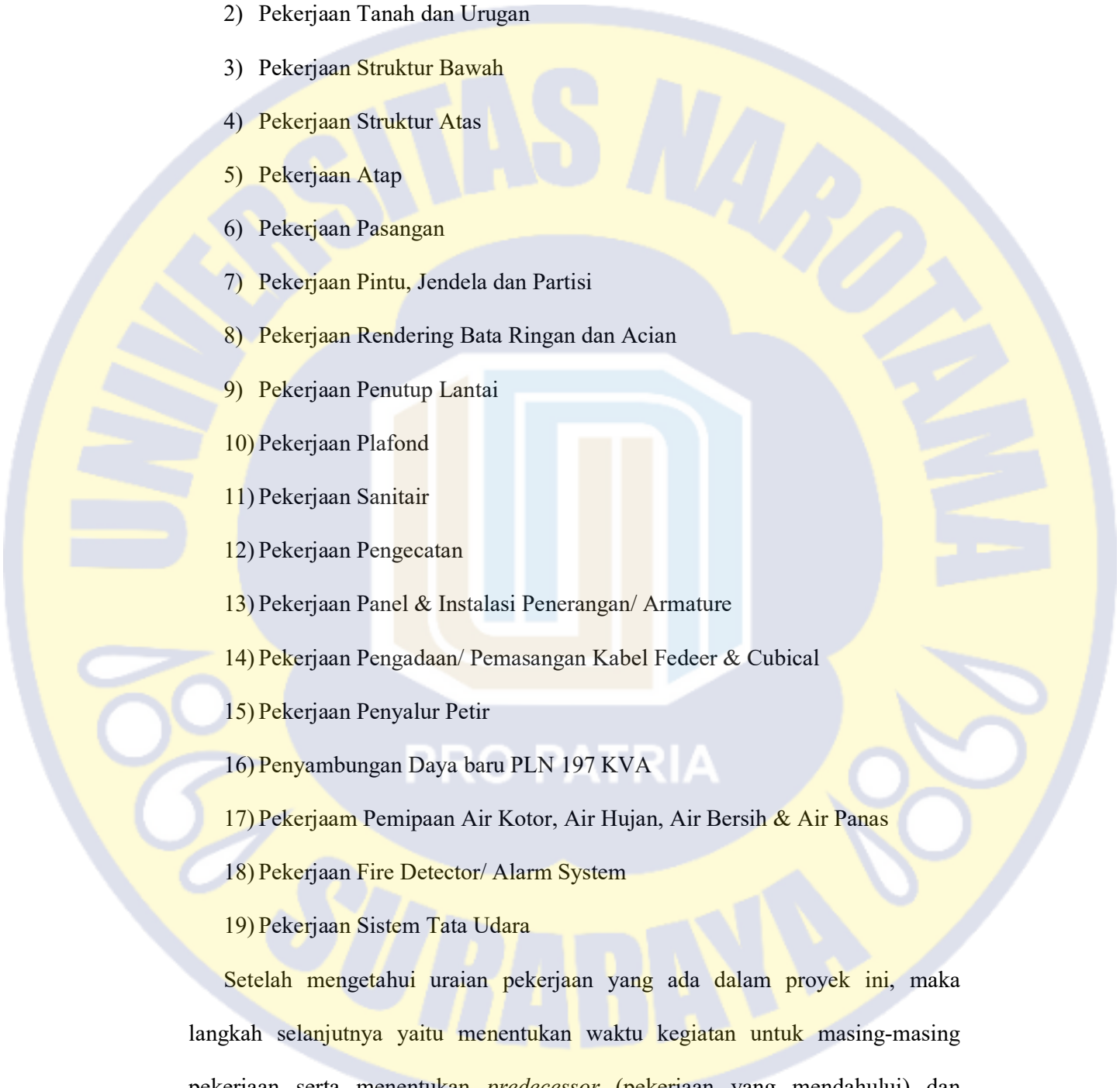
Pada tahap ini, peneliti menelusuri dan mencari beberapa buku maupun jurnal-jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini seperti buku manajemen proyek yang didalamnya terdapat cara menggunakan metode CPM, PERT dan PDM yang kemudian akan diterapkan pada penelitian ini serta jurnal-jurnal yang terkait.

4.3 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini akan dilakukan menggunakan tiga metode yaitu *Critical Path Method* (CPM), *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), dan *Precedence Diagram Method* (PDM) yang akan dihitung menggunakan perhitungan manual disertai dengan program Ms. Project 2007. Adapun pengolahan data tersebut sebagai berikut.

a. *Critical Path Method* (CPM)

Metode jalur kritis ini bertujuan untuk mengidentifikasi jalur kritis yang ada dalam proyek pembangunan tersebut. Keterlambatan salah satu komponen kegiatan akan menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaan proyek tersebut. Adapun uraian pekerjaan pembangunan gedung dinas sosial dan dinas kelautan Kabupaten Gresik adalah sebagai berikut:

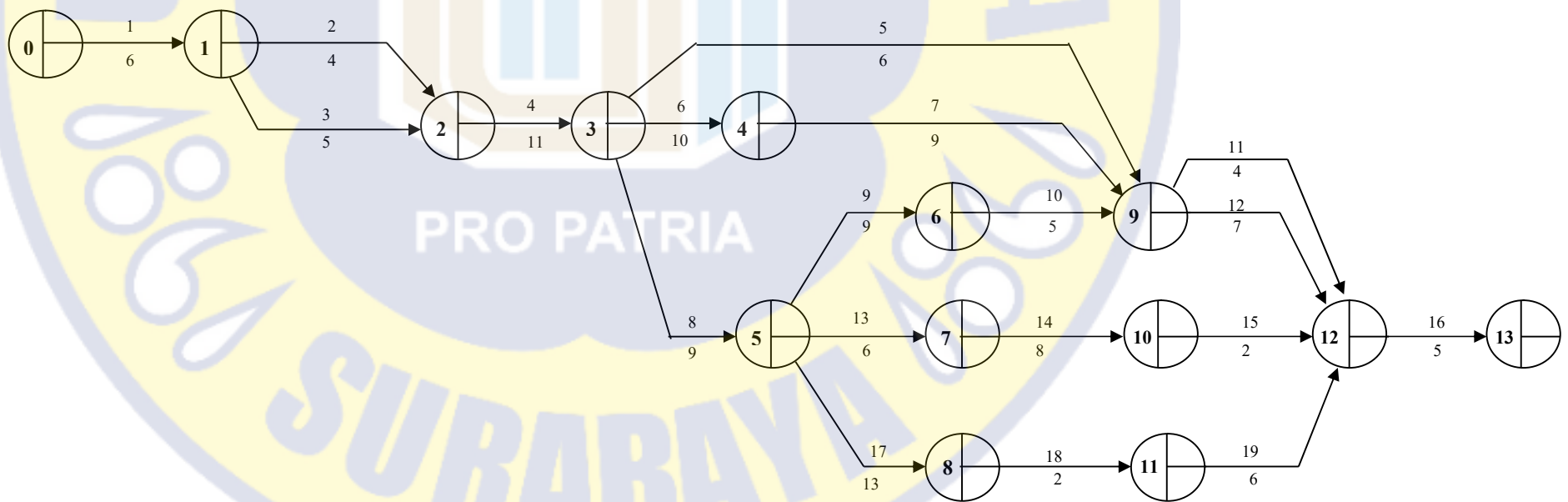
- 
- 1) Pekerjaan Persiapan
 - 2) Pekerjaan Tanah dan Urugan
 - 3) Pekerjaan Struktur Bawah
 - 4) Pekerjaan Struktur Atas
 - 5) Pekerjaan Atap
 - 6) Pekerjaan Pasangan
 - 7) Pekerjaan Pintu, Jendela dan Partisi
 - 8) Pekerjaan Rendering Bata Ringan dan Acian
 - 9) Pekerjaan Penutup Lantai
 - 10) Pekerjaan Plafond
 - 11) Pekerjaan Sanitair
 - 12) Pekerjaan Pengecatan
 - 13) Pekerjaan Panel & Instalasi Penerangan/ Armature
 - 14) Pekerjaan Pengadaan/ Pemasangan Kabel Fedeer & Cubical
 - 15) Pekerjaan Penyalur Petir
 - 16) Penyambungan Daya baru PLN 197 KVA
 - 17) Pekerjaam Pemipaan Air Kotor, Air Hujan, Air Bersih & Air Panas
 - 18) Pekerjaan Fire Detector/ Alarm System
 - 19) Pekerjaan Sistem Tata Udara

Setelah mengetahui uraian pekerjaan yang ada dalam proyek ini, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan waktu kegiatan untuk masing-masing pekerjaan serta menentukan *predecessor* (pekerjaan yang mendahului) dan *successor* (pekerjaan yang mengikuti) yang akan diuraikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Komponen Kegiatan, Logika Ketergantungan dan Durasi Pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

No.	Item Pekerjaan	Durasi (Minggu)	Predecessor	Successor
1	Pek. Persiapan	6	-	2, 3
2	Pek. Tanah dan Urugan	4	1	4
3	Pek. Struktur Bawah	5	1	4
4	Pek. Struktur Atas	11	2, 3	5, 6, 8
5	Pek. Atap	6	4	11, 12
6	Pek. Pasangan	10	4	7
7	Pek. Pintu, Jendela dan Partisi	9	6	11, 12
8	Pek. Rendering Bata Ringan dan Acian	9	4	9, 13, 17
9	Pek. Penutup Lantai	9	8	10
10	Pek. Plafond	5	9	11, 12
11	Pek. Sanitair	4	5, 7, 10	16
12	Pek. Pengecatan	7	5, 7, 10	16
13	Pek. Panel & Instalasi Penerangan/ Armature	6	8	14
14	Pek. Pengadaan/ Pemasangan kabel Fedeer & Cubical	8	13	15
15	Pek. Penyalur Petir	2	14	16
16	Penyambungan Daya Baru PLN 197 KVA	5	11, 12, 15, 19	-
17	Pek. Pemipaan Air Kotor, Air Hujan, Air Bersih & Air panas	13	8	18
18	Pek. Fire Detector/ Alarm System	2	17	19
19	Pek. Sistem Tata Udara	6	18	16

Berdasarkan komponen kegiatan dan durasi kegiatan yang tertera pada tabel di atas, maka selanjutnya dibuatkan gambar jaringan kerja dengan menggunakan diagram panah atau AOA (*Activity on arrow*) dengan memperhatikan logika ketergantungan berupa *predecessor* (pekerjaan yang mendahului) dan *successor* (pekerjaan yang mengikuti) seperti di bawah ini.



Gambar 4.1 Jaringan Kerja Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

Berdasarkan gambar jaringan kerja di atas, maka langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi jalur kritis dengan menghitung dengan hitungan maju dan hitungan mundur sebagai berikut.

1) Hitungan Maju

a) $ES_{(0-1)} = 0$ atau $TE_{(0)} = 0$

b) $EF_{(i-j)} = ES_{(i-j)} + D_{(i-j)}$

$$EF_{(0-1)} = ES_{(0-1)} + D_{(0-1)} = 0 + 6 = 6 \text{ atau } TE_{(1)} = 6$$

$$EF_{(1-2)} = ES_{(1-2)} + D_{(1-2)} = 6 + 4 = 10 \text{ atau } TE_{(2.1)} = 10$$

$$EF_{(1-2)} = ES_{(1-2)} + D_{(1-2)} = 6 + 5 = 11 \text{ atau } TE_{(2.2)} = 11; \text{ pilih yang terbesar}$$

$$\text{karena } TE_{(2.2)} \text{ lebih besar dari } TE_{(2.1)}, \text{ maka } TE_{(2)} = 11$$

$$EF_{(2-3)} = ES_{(2-3)} + D_{(2-3)} = 11 + 11 = 22 \text{ atau } TE_{(3)} = 22$$

$$EF_{(3-4)} = ES_{(3-4)} + D_{(3-4)} = 22 + 10 = 32 \text{ atau } TE_{(4)} = 32$$

$$EF_{(3-5)} = ES_{(3-5)} + D_{(3-5)} = 22 + 9 = 31 \text{ atau } TE_{(5)} = 31$$

$$EF_{(5-6)} = ES_{(5-6)} + D_{(5-6)} = 31 + 9 = 40 \text{ atau } TE_{(6)} = 40$$

$$EF_{(5-7)} = ES_{(5-7)} + D_{(5-7)} = 31 + 6 = 37 \text{ atau } TE_{(7)} = 37$$

$$EF_{(5-8)} = ES_{(5-8)} + D_{(5-8)} = 31 + 13 = 44 \text{ atau } TE_{(8)} = 44$$

$$EF_{(3-9)} = ES_{(3-9)} + D_{(3-9)} = 22 + 6 = 28 \text{ atau } TE_{(9.1)} = 28$$

$$EF_{(4-9)} = ES_{(4-9)} + D_{(4-9)} = 32 + 9 = 41 \text{ atau } TE_{(9.2)} = 41$$

$$EF_{(6-9)} = ES_{(6-9)} + D_{(6-9)} = 40 + 5 = 45 \text{ atau } TE_{(9.3)} = 45, \text{ pilih yang terbesar antara } TE_{(9.1)}, TE_{(9.2)} \text{ dan } TE_{(9.3)}; \text{ sehingga } TE_{(9)} = 45$$

$$EF_{(7-10)} = ES_{(7-10)} + D_{(7-10)} = 37 + 8 = 45 \text{ atau } TE_{(10)} = 45$$

$$EF_{(8-11)} = ES_{(8-11)} + D_{(8-11)} = 44 + 2 = 46 \text{ atau } TE_{(11)} = 46$$

$$EF_{(9-12)} = ES_{(9-12)} + D_{(9-12)} = 45 + 4 = 49 \text{ atau } TE_{(12.1)} = 49$$

$$EF_{(9-12)} = ES_{(9-12)} + D_{(9-12)} = 45 + 7 = 52 \text{ atau } TE_{(12.2)} = 52$$

$$EF_{(10-12)} = ES_{(10-12)} + D_{(10-12)} = 45 + 2 = 47 \text{ atau } TE_{(12.3)} = 47$$

$$EF_{(11-12)} = ES_{(11-12)} + D_{(11-12)} = 46 + 6 = 52 \text{ atau } TE_{(12.4)} = 52, \text{ pilih yang terbesar antara } TE_{(12.1)}, TE_{(12.2)}, TE_{(12.3)} \text{ dan } TE_{(12.4)}; \text{ sehingga } TE_{(12)} = 52$$

$$EF_{(12-13)} = ES_{(12-13)} + D_{(12-13)} = 52 + 5 = 57 \text{ atau } TE_{(13)} = 57$$

2) Hitungan Mundur

$$a) LF_{(12-13)} = TL_{(13)} = ES_{(12-13)} = 57$$

$$b) LS_{(i-j)} = LF_{(i-j)} - D_{(i-j)}$$

$$LS_{(12-13)} = LF_{(12-13)} - D_{(12-13)} = 57 - 5 = 52 \text{ atau } TL_{(12)} = 52$$

$$LS_{(11-12)} = LF_{(11-12)} - D_{(11-12)} = 52 - 6 = 46 \text{ atau } TL_{(11)} = 46$$

$$LS_{(10-12)} = LF_{(10-12)} - D_{(10-12)} = 52 - 2 = 50 \text{ atau } TL_{(10)} = 50$$

$$LS_{(9-12)} = LF_{(9-12)} - D_{(9-12)} = 52 - 4 = 48 \text{ atau } TL_{(9.1)} = 48$$

$$LS_{(9-12)} = LF_{(9-12)} - D_{(9-12)} = 52 - 7 = 45 \text{ atau } TL_{(9.2)} = 45, \text{ pilih yang paling kecil antara } TL_{(9.1)} \text{ dan } TL_{(9.2)}; \text{ maka } TL_{(9)} = 45$$

$$LS_{(8-11)} = LF_{(8-11)} - D_{(8-11)} = 46 - 2 = 44 \text{ atau } TL_{(8)} = 44$$

$$LS_{(7-10)} = LF_{(7-10)} - D_{(7-10)} = 50 - 8 = 42 \text{ atau } TL_{(7)} = 42$$

$$LS_{(6-9)} = LF_{(6-9)} - D_{(6-9)} = 45 - 5 = 40 \text{ atau } TL_{(6)} = 40$$

$$LS_{(5-6)} = LF_{(5-6)} - D_{(5-6)} = 40 - 9 = 31 \text{ atau } TL_{(5.1)} = 31$$

$$LS_{(5-7)} = LF_{(5-7)} - D_{(5-7)} = 42 - 6 = 36 \text{ atau } TL_{(5.2)} = 36$$

$$LS_{(5-8)} = LF_{(5-8)} - D_{(5-8)} = 44 - 13 = 31 \text{ atau } TL_{(5.3)} = 31, \text{ pilih yang paling kecil antara } TL_{(5.1)}, TL_{(5.2)} \text{ dan } TL_{(5.3)}; \text{ maka } TL_{(5)} = 31$$

$$LS_{(4-9)} = LF_{(4-9)} - D_{(4-9)} = 45 - 9 = 36 \text{ atau } TL_{(4)} = 36$$

$$LS_{(3-4)} = LF_{(3-4)} - D_{(3-4)} = 36 - 10 = 26 \text{ atau } TL_{(3.1)} = 26$$

$$LS_{(3-5)} = LF_{(3-5)} - D_{(3-5)} = 31 - 9 = 22 \text{ atau } TL_{(3.2)} = 22$$

$LS_{(3-9)} = LF_{(3-9)} - D_{(3-9)} = 45 - 6 = 39$ atau $TL_{(3.3)} = 39$, pilih yang paling kecil antara $TL_{(3.1)}$, $TL_{(3.2)}$ dan $TL_{(3.3)}$; sehingga $TL_{(3)} = 22$

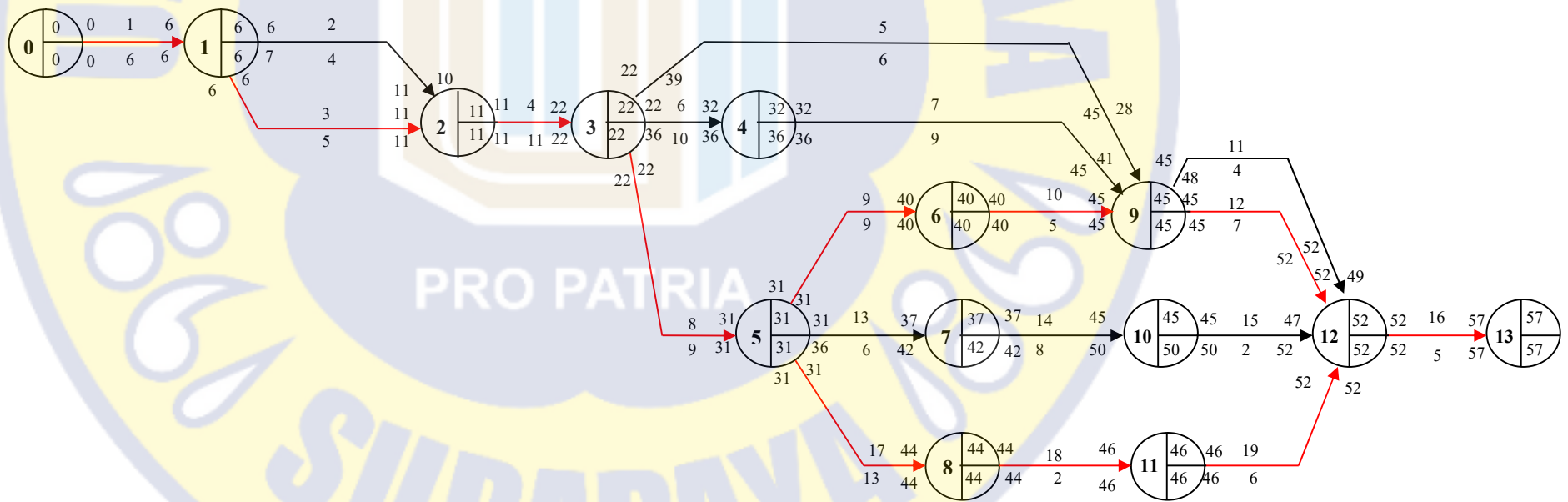
$$LS_{(2-3)} = LF_{(2-3)} - D_{(2-3)} = 22 - 11 = 11 \text{ atau } TL_{(2)} = 11$$

$$LS_{(1-2)} = LF_{(1-2)} - D_{(1-2)} = 11 - 5 = 6 \text{ atau } TL_{(1.1)} = 6$$

$LS_{(1-3)} = LF_{(1-3)} - D_{(1-3)} = 11 - 4 = 7$ atau $TL_{(1.2)} = 7$, pilih yang paling kecil antara $TL_{(1.1)}$ dan $TL_{(1.2)}$; sehingga $TL_{(1)} = 6$

$$LS_{(0-1)} = LF_{(0-1)} - D_{(0-1)} = 6 - 6 = 0 \text{ atau } TL_{(0)} = 0$$

Hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur dapat dijabarkan dalam gambar jaringan kerja sebelumnya, seperti dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.2 Jalur Kritis pada Jaringan Kerja Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan

Kabupaten Gresik

Sifat atau syarat umum suatu kegiatan dikatakan kritis adalah pada kegiatan pertama $ES = LS$ dan pada kegiatan terakhir atau terminal $LF = EF$ dan Float Total (TF) = 0 adalah sebagai berikut:

$ES = LS = 0$; $LF = EF = 57$ dan Float Total (TF) = 0 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Identifikasi Float Total (TF), Float Bebas (FF), dan Float Interferen (IF) Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

No.	Item Pekerjaan	Durasi (Minggu)	ES	EF	LS	LF	TF	FF	IF
1	2	3	4	5 = 4+3	6 = 7-3	7	8 = 6-4	9	10 = 8-9
1	Pek. Persiapan	6	0	6	0	6	0	-6	6
2	Pek. Tanah dan Urugan	4	6	10	7	11	1	-4	5
3	Pek. Struktur Bawah	5	6	11	6	11	0	-5	5
4	Pek. Struktur Atas	11	11	22	11	22	0	-	11
5	Pek. Atap	6	22	28	39	45	17	-6	23
6	Pek. Pasangan	10	22	32	26	36	4	-	14
7	Pek. Pintu, Jendela dan Partisi	9	32	41	36	45	4	-9	13
8	Pek. Rendering Bata Ringan dan Acian	9	22	31	22	31	0	-9	9
9	Pek. Penutup Lantai	9	31	40	31	40	0	-9	9
10	Pek. Plafond	5	40	45	40	45	0	-5	5
11	Pek. Sanitair	4	45	49	48	52	3	-4	7
12	Pek. Pengecatan	7	45	52	45	52	0	-7	7
13	Pek. Panel & Instalasi Penerangan/ Armature	6	31	37	36	42	5	-6	11
14	Pek. Pengadaan/ Pemasangan kabel Fedeer & Cubical	8	37	45	42	50	5	-8	13
15	Pek. Penyalur Petir	2	45	47	50	52	5	-2	7
16	Penyambungan Daya Baru PLN 197 KVA	5	52	57	52	57	0	-5	5

No.	Item Pekerjaan	Durasi (Minggu)	ES	EF	LS	LF	TF	FF	IF
17	Pek. Pemipaan Air Kotor, Air Hujan, Air Bersih & Air panas	13	31	44	31	44	0	-13	13
18	Pek. Fire Detector/ Alarm System	2	44	46	44	46	0	-2	2
19	Pek. Sistem Tata Udara	6	46	52	46	52	0	-6	6

Berdasarkan identifikasi tabel di atas yang termasuk jalur kritis adalah garis yang diberi warna merah yaitu pekerjaan 1, 3, 4, 8, 9, 10, 12, 17, 18, 19, 16 dengan uraian sebagai berikut:

- 1) Pekerjaan Persiapan
- 2) Pekerjaan Struktur Bawah
- 3) Pekerjaan Struktur Atas
- 4) Pekerjaan Rendering Bata Ringan dan Acian
- 5) Pekerjaan Penutup Lantai
- 6) Pekerjaan Plafond
- 7) Pekerjaan pengecatan
- 8) Penyambungan Daya baru PLN 197 KVA
- 9) Pekerjaam Pemipaan Air Kotor, Air Hujan, Air Bersih & Air Panas
- 10) Pekerjaan Fire Detector/ Alarm System
- 11) Pekerjaan Sistem Tata Udara

b. Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Pada perhitungan menggunakan metode PERT bertujuan untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. Dimana PERT menggunakan tiga angka estimasi yaitu a, b dan m. Ada beberapa

tahapan dalam perhitungan optimalisasi waktu dengan menggunakan metode PERT yaitu sebagai berikut.

- 1) Memberikan kepada masing-masing komponen kegiatan angka estimasi a, b dan m
 - 2) Menghitung (te) untuk masing-masing komponen kegiatan
- Point (1) dan (2) akan dijabarkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Estimasi Angka a, b, m, t, standar deviasi (S) dan varians (V(te))

Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

No.	Item Pekerjaan	a	m	b	te	S	V(te)
1	2	3	4	5	$6 = (1/6)(a+4m+b)$	$7 = (1/6)(b-a)$	$8 = 7^2$
1	Pek. Persiapan	4	10	7	8.5000	0.5000	0.2500
2	Pek. Tanah dan Urugan	2	8	6	6.6667	0.6667	0.4444
3	Pek. Struktur Bawah	4	10	7	8.5000	0.5000	0.2500
4	Pek. Struktur Atas	7	18	14	15.5000	1.1667	1.3611
5	Pek. Atap	3	12	7	9.6667	0.6667	0.4444
6	Pek. Pasangan	7	15	12	13.1667	0.8333	0.6944
7	Pek. Pintu, Jendela dan Partisi	5	12	9	10.3333	0.6667	0.4444
8	Pek. Rendering Bata Ringan dan Acian	5	12	9	10.3333	0.6667	0.4444
9	Pek. Penutup Lantai	5	12	9	10.3333	0.6667	0.4444
10	Pek. Plafond	3	12	7	9.6667	0.6667	0.4444
11	Pek. Sanitair	2	8	6	6.6667	0.6667	0.4444
12	Pek. Pengecatan	5	12	10	10.5000	0.8333	0.6944
13	Pek. Panel & Instalasi Penerangan/ Armature	4	10	7	8.5000	0.5000	0.2500
14	Pek. Pengadaan/ Pemasangan kabel Fedeer & Cubical	5	12	10	10.5000	0.8333	0.6944
15	Pek. Penyalur Petir	1	4	3	3.3333	0.3333	0.1111
16	Penyambungan Daya Baru PLN 197 KVA	3	12	7	9.6667	0.6667	0.4444
17	Pek. Pemipaan Air Kotor,	7	17	14	14.8333	1.1667	1.3611

No.	Item Pekerjaan	a	m	b	<i>te</i>	S	V(<i>te</i>)
	Air Hujan, Air Bersih & Air panas						
18	Pek. Fire Detector/ Alarm System	1	4	3	3.3333	0.3333	0.1111
19	Pek. Sistem Tata Udara	3	12	7	9.6667	0.6667	0.4444

3) Mengidentifikasi kegiatan kritis seperti halnya CPM dengan menggunakan *te* sebagai durasi dari masing-masing kegiatan. Hasil identifikasi dapat dilihat pada gambar 4.2.

4) Menghitung kurun waktu penyelesaian proyek (*milestone*) yaitu TE dengan menjumlahkan *te* dari kegiatan-kegiatan kritis sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 TE &= te_1 + te_3 + te_4 + te_8 + te_9 + te_{10} + te_{12} + te_{17} + te_{18} + te_{19} + te_{16} \\
 &= 6 + 5 + 11 + 9 + 9 + 5 + 7 + 13 + 2 + 6 + 5 \\
 &= 78
 \end{aligned}$$

5) Menentukan standar deviasi (S) untuk kegiatan-kegiatan kritis. Hasil dari perhitungan standar deviasi (S) dapat dilihat pada tabel 4.3.

6) Menghitung varians untuk kegiatan-kegiatan kritis V(*te*). Hasil dari perhitungan varians untuk kegiatan-kegiatan kritis V(*te*) dapat dilihat pada tabel 4.3.

7) Menentukan varians untuk seluruh kegiatan pada jalur kritis terpanjang menuju peristiwa TE yang dimaksud yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V(TE) &= 0.2500 + 0.2500 + 1.3611 + 0.4444 + 0.4444 + 0.4444 + \\
 &\quad 0.6944 + 1.3611 + 0.1111 + 0.4444 + 0.4444 \\
 &= 6.2500
 \end{aligned}$$

8) Menghitung rentang waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan rumusan $TE \pm 3S$, dimana: $S^2 = 6.2500$; $S = \sqrt{6.2500} = 2.5$

Rentang waktu penyelesaian proyek = $78 \pm 3(2.5) = 78 \pm 7.5$

- 9) Analisa kemungkinan mencapai target T(d) dengan menggunakan rumusan:

$$z = (T(d) - TE) / S = (85.5 - 78) / 2.5 = 3$$

Jika dilihat pada tabel distribusi normal, maka kemungkinan mencapai target waktu penyelesaian proyek adalah 99.87 %

c. Precedence Diagram Method (PDM)

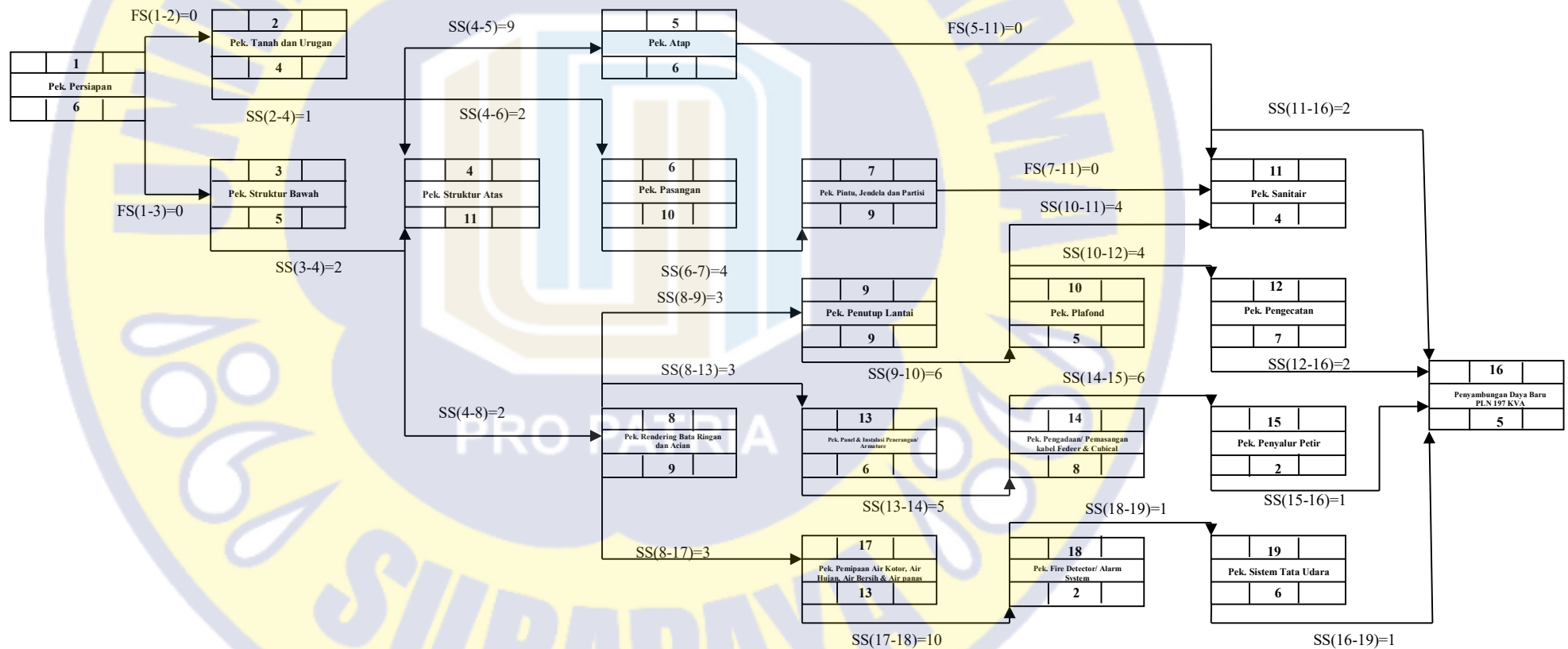
Perhitungan dengan metode PDM ini menggunakan jaringan kerja yang termasuk dalam klasifikasi AON (*activity on node*) yang akan dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 4.4 Aktivitas, Durasi dan Konstrain Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

No.	Item Pekerjaan	Durasi (Minggu)	Konstrain
1	Pek. Persiapan	6	-
2	Pek. Tanah dan Urugan	4	FS(1-2)=0
3	Pek. Struktur Bawah	5	FS(1-3)=0
4	Pek. Struktur Atas	11	SS(2-4)=1; SS(3-4)=2
5	Pek. Atap	6	SS(4-5)=9
6	Pek. Pasangan	10	SS(4-6)=2
7	Pek. Pintu, Jendela dan Partisi	9	SS(6-7)=4
8	Pek. Rendering Bata Ringan dan Acian	9	SS(4-8)=2
9	Pek. Penutup Lantai	9	SS(8-9)=3
10	Pek. Plafond	5	SS(9-10)=6
11	Pek. Sanitair	4	FS(5-11)=0; FS(7-11)=0; SS(10-11)=4
12	Pek. Pengecatan	7	SS(10-12)=4
13	Pek. Panel & Instalasi	6	SS(8-13)=3

No.	Item Pekerjaan	Durasi (Minggu)	Konstrain
	Penerangan/ Armature		
14	Pek. Pengadaan/ Pemasangan kabel Fedeer & Cubical	8	SS(13-14)=5
15	Pek. Penyalur Petir	2	SS(14-15)=6
16	Penyambungan Daya Baru PLN 197 KVA	5	SS(11-16)=2; SS(12-16)=2; SS(15-16)=1; SS(16-19)=1
17	Pek. Pemipaan Air Kotor, Air Hujan, Air Bersih & Air panas	13	SS(8-17)=3
18	Pek. Fire Detector/ Alarm System	2	SS(17-18)=10
19	Pek. Sistem Tata Udara	6	SS(18-19)=1

Berdasarkan tabel di atas, akan dijabarkan dalam bentuk denah node dengan jumlah kegiatan yang tertera di tabel dan menghubungkan node-node tersebut dengan anak panah sesuai dengan logika ketergantungan dan konstrain masing-masing seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.3 Node, Durasi dan Konstrain Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

Langkah selanjutnya adalah menghitung kegiatan dan jalur kritis pada PDM dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Hitungan Maju

Aktivitas 1

$$ES(1) = 0$$

$$EF(1) = ES(1) + D(1) = 0 + 6 = 6$$

Aktivitas 2

$$ES(2) = EF(1) + FS(1-2) = 6 + 0 = 6$$

$$EF(2) = ES(2) + D(2) = 6 + 4 = 10$$

Aktivitas 3

$$ES(3) = EF(1) + FS(1-3) = 6 + 0 = 6$$

$$EF(3) = ES(3) + D(3) = 6 + 5 = 11$$

Aktivitas 4

$$ES(4)_1 = ES(2) + SS(2-4) = 6 + 1 = 7$$

$$ES(4)_2 = ES(3) + SS(3-4) = 6 + 2 = 8^*$$

$$EF(4) = ES(4) + D(4) = 8 + 11 = 19$$

Aktivitas 5

$$ES(5) = ES(4) + SS(4-5) = 8 + 9 = 17$$

$$EF(5) = ES(5) + D(5) = 17 + 6 = 23$$

Aktivitas 6

$$ES(6) = ES(4) + SS(4-6) = 8 + 2 = 10$$

$$EF(6) = ES(6) + D(6) = 10 + 10 = 20$$

Aktivitas 7

$$ES(7) = ES(6) + SS(6-7) = 10 + 4 = 14$$

$$EF(7) = ES(7) + D(7) = 14 + 9 = 23$$

Aktivitas 8

$$ES(8) = ES(4) + SS(4-8) = 8 + 2 = 10$$

$$EF(8) = ES(8) + D(8) = 10 + 9 = 19$$

Aktivitas 9

$$ES(9) = ES(8) + SS(8-9) = 10 + 3 = 13$$

$$EF(9) = ES(9) + D(9) = 13 + 9 = 22$$

Aktivitas 10

$$ES(10) = ES(9) + SS(9-10) = 13 + 6 = 19$$

$$EF(10) = ES(10) + D(10) = 19 + 5 = 24$$

Aktivitas 11

$$ES(11)_1 = EF(5) + FS(5-11) = 23 + 0 = 23$$

$$ES(11)_2 = EF(7) + FS(7-11) = 23 + 0 = 23$$

$$ES(11)_3 = ES(10) + SS(10-11) = 19 + 4 = 23$$

$$EF(11) = ES(11) + D(11) = 23 + 4 = 27$$

Aktivitas 12

$$ES(12) = ES(10) + SS(10-12) = 19 + 4 = 23$$

$$EF(12) = ES(12) + D(12) = 23 + 7 = 30$$

Aktivitas 13

$$ES(13) = ES(8) + SS(8-13) = 10 + 3 = 13$$

$$EF(13) = ES(13) + D(13) = 13 + 6 = 19$$

Aktivitas 14

$$ES(14) = ES(13) + SS(13-14) = 13 + 5 = 18$$

$$EF(14) = ES(14) + D(14) = 18 + 8 = 26$$

Aktivitas 15

$$ES(15) = ES(14) + SS(14-15) = 18 + 6 = 24$$

$$EF(15) = ES(15) + D(15) = 24 + 2 = 26$$

Aktivitas 16

$$ES(16)_1 = ES(11) + SS(11-16) = 23 + 2 = 25$$

$$ES(16)_2 = ES(12) + SS(12-16) = 23 + 2 = 25$$

$$ES(16)_3 = ES(15) + SS(15-16) = 24 + 1 = 25$$

$$ES(16)_4 = ES(19) + SS(16-19) = 24 + 1 = 25$$

$$EF(16) = ES(16) + D(16) = 25 + 5 = 30$$

Aktivitas 17

$$ES(17) = ES(8) + SS(8-17) = 10 + 3 = 13$$

$$EF(17) = ES(17) + D(17) = 13 + 13 = 26$$

Aktivitas 18

$$ES(18) = ES(17) + SS(17-18) = 13 + 10 = 23$$

$$EF(18) = ES(18) + D(18) = 23 + 2 = 25$$

Aktivitas 19

$$ES(19) = ES(18) + SS(18-19) = 23 + 1 = 24$$

$$EF(19) = ES(19) + D(19) = 24 + 6 = 30$$

2) Hitungan Mundur

Aktivitas 19

$$LF(19) = LS(16) - SS(16-19) + D(19) = 25 - 1 + 6 = 30$$

$$LS(19) = LF(19) - D(19) = 30 - 6 = 24$$

Aktivitas 18

$$LF(18) = LS(19) - SS(18-19) + D(18) = 24 - 1 + 2 = 25$$

$$LS(18) = LF(18) - D(18) = 25 - 2 = 23$$

Aktivitas 17

$$LF(17) = LS(18) - SS(17-18) + D(17) = 23 - 10 + 13 = 26$$

$$LS(17) = LF(17) - D(17) = 26 - 13 = 13$$

Aktivitas 16

$$LF(16) = LS(16) = 30$$

$$LS(16) = LF(16) - D(16) = 30 - 5 = 25$$

Aktivitas 15

$$LF(15) = LS(16) - SS(15-16) + D(15) = 25 - 1 + 2 = 26$$

$$LS(15) = LF(15) - D(15) = 26 - 2 = 24$$

Aktivitas 14

$$LF(14) = LS(15) - SS(14-15) + D(14) = 24 - 6 + 8 = 26$$

$$LS(14) = LF(14) - D(14) = 26 - 8 = 18$$

Aktivitas 13

$$LF(13) = LS(14) - SS(13-14) + D(13) = 18 - 5 + 6 = 19$$

$$LS(13) = LF(13) - D(13) = 19 - 6 = 13$$

Aktivitas 12

$$LF(12) = LS(16) - SS(12-16) + D(12) = 25 - 2 + 7 = 30$$

$$LS(12) = LF(12) - D(12) = 30 - 7 = 23$$

Aktivitas 11

$$LF(11) = LS(16) - SS(11-16) + D(11) = 25 - 2 + 4 = 27$$

$$LS(11) = LF(11) - D(11) = 27 - 4 = 23$$

Aktivitas 10

$$LF(10)_1 = LS(12) - SS(10-12) + D(10) = 23 - 4 + 5 = 24$$

$$LF(10)_2 = LS(11) - SS(10-11) + D(10) = 23 - 4 + 5 = 24$$

$$LS(10) = LF(10) - D(10) = 24 - 5 = 19$$

Aktivitas 9

$$LF(9) = LS(10) - SS(9-10) + D(9) = 19 - 6 + 9 = 22$$

$$LS(9) = LF(9) - D(9) = 22 - 9 = 13$$

Aktivitas 8

$$LF(8)_1 = LS(17) - SS(8-17) + D(8) = 13 - 3 + 9 = 19$$

$$LF(8)_2 = LS(13) - SS(8-13) + D(8) = 13 - 3 + 9 = 19$$

$$LF(8)_3 = LS(9) - SS(8-9) + D(8) = 13 - 3 + 9 = 19$$

$$LS(8) = LF(8) - D(8) = 19 - 9 = 10$$

Aktivitas 7

$$LF(7) = LS(11) - FS(7-11) = 23 - 0 = 23$$

$$LS(7) = LF(7) - D(7) = 23 - 9 = 14$$

Aktivitas 6

$$LF(6) = LS(7) - SS(6-7) + D(6) = 14 - 4 + 10 = 20$$

$$LS(6) = LF(6) - D(6) = 20 - 10 = 10$$

Aktivitas 5

$$LF(5) = LS(11) - FS(5-11) = 23 - 0 = 23$$

$$LS(5) = LF(5) - D(5) = 23 - 6 = 17$$

Aktivitas 4

$$LF(4)_1 = LS(5) - SS(4-5) + D(4) = 17 - 9 + 11 = 19$$

$$LF(4)_2 = LS(6) - SS(4-6) + D(4) = 10 - 2 + 11 = 19$$

$$LF(4)_3 = LS(8) - SS(4-8) + D(4) = 10 - 2 + 11 = 19$$

$$LS(4) = LF(4) - D(4) = 19 - 11 = 8$$

Aktivitas 3

$$LF(3) = LS(4) - SS(3-4) + D(3) = 8 - 2 + 5 = 11$$

$$LS(3) = LF(3) - D(3) = 11 - 5 = 6$$

Aktivitas 2

$$LF(2) = LS(4) - SS(2-4) + D(2) = 8 - 1 + 4 = 11$$

$$LS(2) = LF(2) - D(2) = 11 - 4 = 7$$

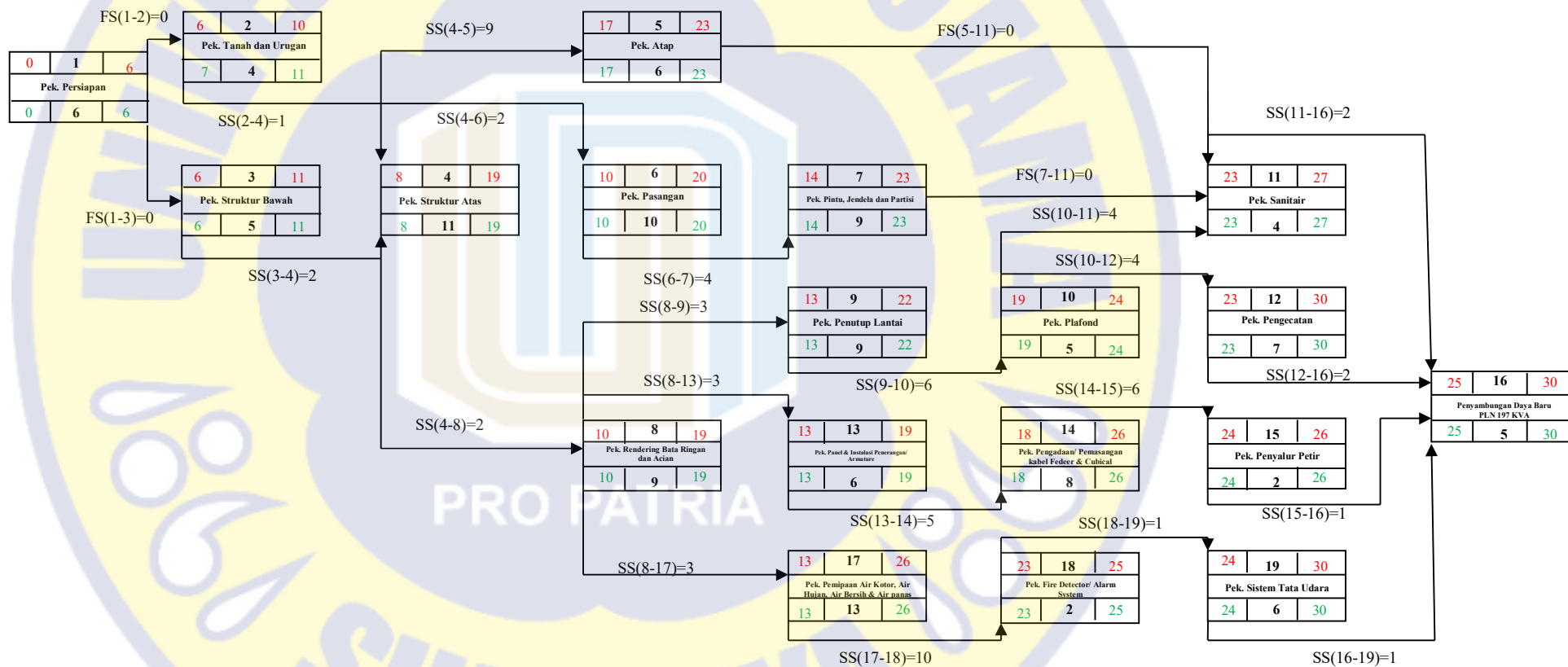
Aktivitas 1

$$LF(1)_1 = LS(2) - FS(1-2) = 7 - 0 = 7$$

$$LF(1)_2 = LS(3) - FS(1-3) = 6 - 0 = 6^*$$

$$LS(1) = LF(1) - D(1) = 6 - 6 = 0$$

Hasil dari perhitungan di atas, digambarkan dalam sebuah node seperti berikut.



Gambar 4.4 Node, Durasi, Konstrain, ES, EF, LS dan LF Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

3) Identifikasi Float

Float dari suatu kegiatan pada PDM dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$F = LF(j) - EF(j) = LS(j) - ES(j)$$

$$\text{Aktivitas 1} = 6 - 6 = 0 - 0 = 0$$

$$\text{Aktivitas 2} = 11 - 10 = 7 - 6 = 1$$

$$\text{Aktivitas 3} = 11 - 11 = 6 - 6 = 0$$

$$\text{Aktivitas 4} = 19 - 19 = 8 - 8 = 0$$

$$\text{Aktivitas 5} = 23 - 23 = 17 - 17 = 0$$

$$\text{Aktivitas 6} = 20 - 20 = 10 - 10 = 0$$

$$\text{Aktivitas 7} = 23 - 23 = 14 - 14 = 0$$

$$\text{Aktivitas 8} = 19 - 19 = 10 - 10 = 0$$

$$\text{Aktivitas 9} = 22 - 22 = 13 - 13 = 0$$

$$\text{Aktivitas 10} = 24 - 24 = 19 - 19 = 0$$

$$\text{Aktivitas 11} = 27 - 27 = 23 - 23 = 0$$

$$\text{Aktivitas 12} = 30 - 30 = 23 - 23 = 0$$

$$\text{Aktivitas 13} = 19 - 19 = 13 - 13 = 0$$

$$\text{Aktivitas 14} = 26 - 26 = 18 - 18 = 0$$

$$\text{Aktivitas 15} = 26 - 26 = 24 - 24 = 0$$

$$\text{Aktivitas 16} = 30 - 30 = 25 - 25 = 0$$

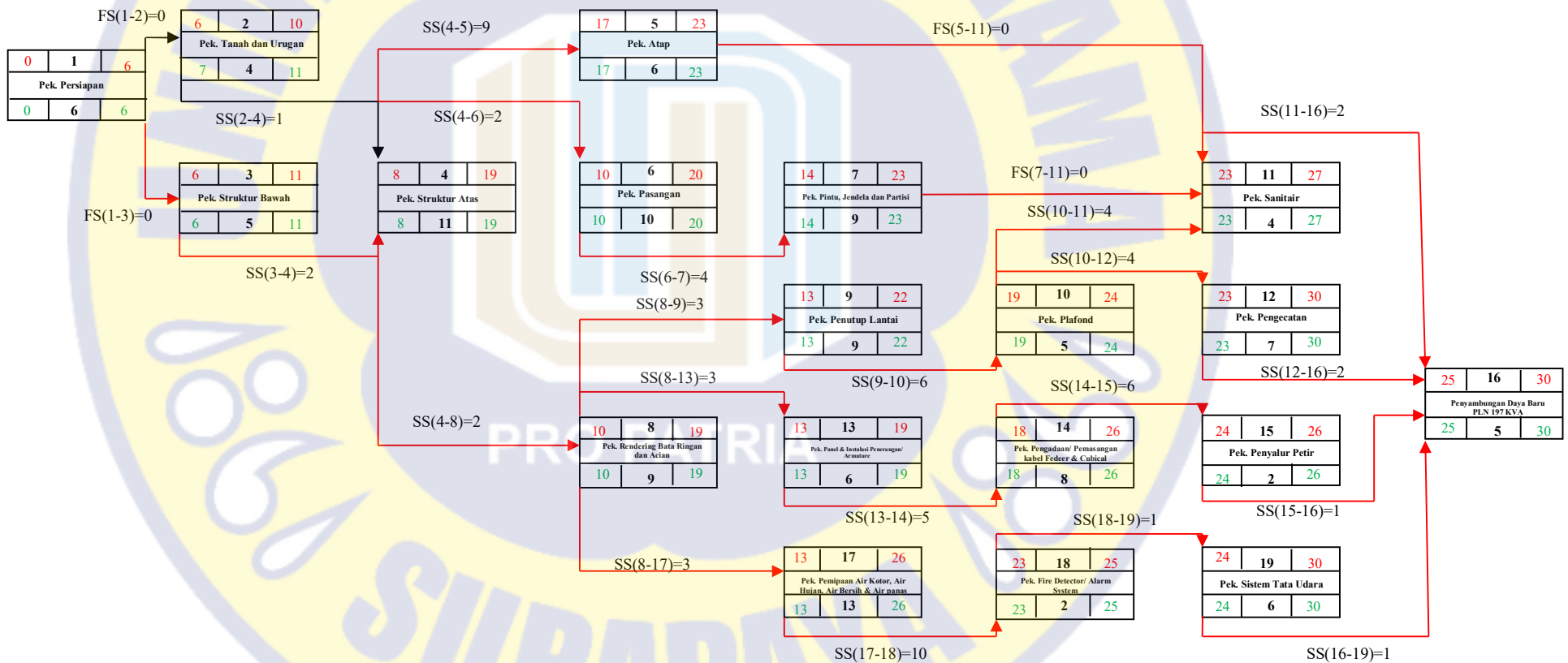
$$\text{Aktivitas 17} = 26 - 26 = 13 - 13 = 0$$

$$\text{Aktivitas 18} = 25 - 25 = 23 - 23 = 0$$

$$\text{Aktivitas 19} = 30 - 30 = 24 - 24 = 0$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa aktivitas yang memiliki float adalah 2, sedangkan aktivitas yang tidak memiliki float yang berarti aktivitas tersebut kritis adalah 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 dan 19. Adapun jaringan kerja dengan menggunakan metode PDM dapat dilihat pada gambar berikut.





Gambar 4.5 Jaringan Kerja PDM pada Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

d. Microsoft Project

Berikut ini adalah hasil perhitungan dengan menggunakan Ms. Project 2007.

Base Calendar as of Mon 04/06/18
Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Kelautan Kab. Gresik

BASE CALENDAR:	
Day	Standard Hours
Monday	8:00 - 12:00, 13:00 - 17:00
Tuesday	8:00 - 12:00, 13:00 - 17:00
Wednesday	8:00 - 12:00, 13:00 - 17:00
Thursday	8:00 - 12:00, 13:00 - 17:00
Friday	8:00 - 11:00, 13:00 - 17:00
Saturday	8:00 - 12:00, 13:00 - 17:00
Sunday	Nonworking
Exceptions:	
Date	Hours
Mon 25/06/18 - Fri 29/06/18	Nonworking
Sat 30/06/18	8:00 - 12:00, 13:00 - 17:00
Sun 01/07/18 - Sun 08/07/18	Nonworking

Gambar 4.6 Base Calendar Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

Unstarted Tasks as of Mon 04/06/18
 Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Kelautan Kab. Gresik

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	Pekerjaan Persiapan	35,25 days	Mon 14/05/18	Sun 24/06/18		
2	Pekerjaan Tanah dan Urugan	23,5 days?	Sat 21/07/18	Sat 18/08/18	1FS+12 days	
3	Pekerjaan Struktur Bawah	30,38 days?	Sat 21/07/18	Mon 27/08/18	1FS+12 days	
4	Pekerjaan Struktur Atas	65,63 days?	Sat 21/07/18	Mon 08/10/18	3FS-30 days	
6	Pekerjaan Pasangan	56,75 days?	Wed 01/08/18	Sun 07/10/18	4FS-60 days	
8	Pekerjaan Rendering Bata Ringan dan Acian	50,88 days?	Wed 01/08/18	Sun 30/09/18	4FS-60 days	
9	Pekerjaan Penutup Lantai	52,88 days?	Mon 20/08/18	Sun 21/10/18	8FS-36 days	
13	Pekerjaan Panel & Instalasi Penerangan/ Armatu	35,25 days?	Mon 20/08/18	Sun 30/09/18	8FS-36 days	
17	Pekerjaan Pemipaan Air Kotor, Air Hujan, Air Bersih	76,38 days?	Mon 20/08/18	Sun 18/11/18	8FS-36 days	
7	Pekerjaan Pintu, Jendela dan Partisi	51 days?	Sat 01/09/18	Wed 31/10/18	6FS-36 days	
5	Pekerjaan Atap	38,25 days?	Mon 17/09/18	Thu 01/11/18	4FS-18 days	
14	Pekerjaan Pengadaan/ Pemasangan Kabel Fedeer	47 days?	Mon 24/09/18	Sun 18/11/18	13FS-6 days	
10	Pekerjaan Plafond	29,38 days?	Mon 01/10/18	Sun 04/11/18	9FS-18 days	
11	Pekerjaan Sanitair	25,38 days?	Thu 01/11/18	Fri 30/11/18	10FS-6 days	
12	Pekerjaan Pengecatan	44 days?	Thu 01/11/18	Sun 23/12/18	10FS-6 days	
18	Pekerjaan Fire Detector/ Alarm System	14,63 days?	Thu 01/11/18	Sun 18/11/18	17FS-18 days	
15	Pekerjaan Penyalur Petir	11,75 days?	Mon 12/11/18	Sun 25/11/18	14FS-6 days	
19	Pekerjaan Sistem Tata Udara	35,25 days?	Mon 12/11/18	Sun 23/12/18	18FS-6 days	
16	Penyambungan Daya Baru PLN 197 KVA	29,38 days?	Mon 19/11/18	Sun 23/12/18	15FS-6 days	

Gambar 4.7 Daftar Pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik



**Gambar 4.8 Gantt Chart dan Critical Task Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial dan Dinas Kelautan
Kabupaten Gresik**

4.4 Analisa Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan serta analisis hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat diketahui bahwa:

- a. Metode yang digunakan dalam menentukan waktu yang optimal pada proyek konstruksi di Indonesia yaitu *Critical Path Method* (CPM)/ Metode Jalur Kritis, *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)/ Teknik Evaluasi dan Review Proyek, *Precedence Diagram Method* (PDM)/ Diagram Preseden, Diagram Skala Waktu/ *Time Scale Diagram*, Diagram Garis atau *Time/ Production Graph*, Diagram Balok/ *Gantt Bar Chart*, *Line of Balance* (LoB) dan TCTO (*Time Cost Trade Off*). Tetapi pada penelitian ini ada tiga metode yang digunakan yaitu CPM, PERT dan PDM.
- b. Perbedaan antara CPM, PERT dan PDM dalam menentukan waktu yang optimal pada Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial Dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik

Tabel 4.5 Perbedaan antara CPM, PERT dan PDM

No.	CPM	PERT	PDM
1	Pembuatan <i>diagram network</i> dengan metode CPM menggunakan satu estimasi waktu dalam kegiatannya yang bersifat pasti (deterministik atau angka)	Pembuatan <i>diagram network</i> dengan metode PERT menggunakan tiga estimasi waktu dalam kegiatannya (probabilistic)	Pembuatan <i>diagram network</i> dengan metode PDM sama dengan metode CPM yakni satu estimasi waktu dalam kegiatannya
2	Jaringan kerja yang digunakan pada metode CPM yakni klasifikasi AOA (<i>activity on arc</i>)	Jaringan kerja yang digunakan pada metode PERT sama dengan CPM yakni klasifikasi AOA (<i>activity on arc</i>)	Jaringan kerja yang digunakan pada metode PDM yakni klasifikasi AON (<i>activity on node</i>)
3	Pada metode CPM ada tanda yang menunjukkan hubungan ketergantungan	Pada metode PERT ada tanda yang menunjukkan hubungan ketergantungan	Pada metode PDM tidak diperlukan tanda yang menunjukkan hubungan

	antara kegiatan	antara kegiatan seperti pada metode CPM	ketergantungan antara kegiatan
4	Pada metode CPM, kegiatan boleh dimulai setelah kegiatan terdahulu (<i>predecessor</i>) selesai	Pada metode PERT, kegiatan boleh dimulai setelah kegiatan terdahulu (<i>predecessor</i>) selesai sama seperti pada metode CPM	Pada metode PDM, kegiatan dapat dimulai tanpa harus menunggu kegiatan terdahulu (<i>predecessor</i>) selesai
5	Pada metode CPM, kegiatan terlaksana secara berurutan	Pada metode PERT, kegiatan terlaksana secara berurutan seperti pada metode CPM	Pada metode PDM, kegiatan proyek dapat dilaksanakan secara bersamaan tanpa harus dilakukan secara berurutan
6	Durasi penyelesaian proyek dengan menggunakan metode CPM adalah 57 minggu	Durasi penyelesaian proyek dengan menggunakan metode PERT adalah 78 ± 7.5 minggu dengan kemungkinan mencapai target waktu penyelesaian proyek adalah 99.87 %	Durasi penyelesaian proyek dengan menggunakan metode PDM adalah 30 minggu

- c. Metode yang paling sesuai dengan Proyek Pembangunan Gedung Dinas Sosial Dan Dinas Kelautan Kabupaten Gresik adalah metode PDM karena metode PDM mampu menghasilkan kurun waktu penyelesaian proyek yang lebih pendek dibanding metode CPM dan PERT yaitu 30 minggu.