

Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan Pert Serta Crash Project (Studi kasus: Pembangunan Gedung Main Power House PT. Adhi Karya)

Suherman¹, Amarina Ilma²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif kasim Riau
E-mail: suher_aje@yahoo.co.id

Abstrak

Pengendalian proyek diperlukan untuk memastikan bahwa pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai dengan waktu, biaya dan mutu yang terdapat didalam dokumen kontrak. Metode yang digunakan yaitu metode *Precedence Diagram Method* (PDM), *Program Evaluation Review Technique* (PERT) dan *Crash Project*. Penelitian dilakukan pada pekerjaan pembangunan gedung main power house (MPH) yang dilaksanakan oleh PT. Adhi Karya. Dari hasil penelitian didapat jalur kritis pada proyek adalah kegiatan A-C-E-F-G-H-I-J-K-L dengan probabilitas penyelesaian proyek selama 110 hari (dengan pendekatan PDM) adalah 52%. Sedangkan biaya optimal proyek adalah sebesar Rp 1.168.150.740,68 dengan percepatan durasi kegiatan *finishing* sebanyak 5 hari.

Kata Kunci: Penjadwalan proyek, PDM, PERT, *Crash Project*.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi meningkatkan pembangunan pada setiap daerah, baik itu perkotaan maupun pedesaan. Pembangunan ditujukan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, misalnya pembangunan jalan, gedung, jembatan dan lainnya.

Dalam suatu proyek pembangunan, perencanaan merupakan masalah yang sangat penting. Suatu perencanaan diperlukan dan dipergunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan proyek sehingga proyek dapat dilaksanakan dengan waktu yang efisien (Arianto, 2010).

Salah satu kontraktor yang bergerak di bidang konstruksi jasa adalah PT Adhi Karya. PT Adhi Karya sedang menjalankan proyek yang berada di Bandara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru Provinsi Riau. Proyek tersebut meliputi pekerjaan parkir, jalan dan lanjutan pembangunan gedung operasional dan perkantoran Bandara Sultan Syarif Kasim II dengan waktu pelaksanaan 240 hari kalender dan waktu pemeliharaan 180 hari kalender. Salah satunya adalah pembangunan gedung *Main Power House* (MPH).

Saat ini perencanaan dan penjadwalan proyek tersebut hanya menggunakan metode *bar-chart* dan kurva-s. sehingga, tidak dapat terlihat kegiatan yang kritis atau tidak dapat ditunda pekerjaannya. Sehingga, jika ada salah satu kegiatan yang ditunda akan berdampak waktu penyelesaian proyek. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian dengan metode PDM (*Precedence Diagram Method*) dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) serta *Crash Project*.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui jalur kritis pada proyek.
2. Untuk mengetahui probabilitas penyelesaian proyek.
3. Untuk mengetahui biaya optimal proyek.

Tinjauan Pustaka

Definisi Proyek

Proyek adalah suatu urutan dan peristiwa yang dirancang dengan baik dengan suatu permulaan dan akhir yang diarahkan untuk mencapai suatu tujuan yang jelas (Gumilang, 2014).

Manajemen Proyek

Manajemen proyek dapat diartikan sebagai penerapan fungsi-fungsi manajemen dalam suatu kegiatan proyek dengan kata lain merupakan suatu kegiatan yang mengatur jalannya kegiatan-kegiatan dalam pelaksanaan proyek untuk semua tahapan-tahapan proyek (Iman Soeharto, 1995 dalam Raharja, 2014).

Metode Network Diagram

Ada beberapa macam metode analisis jaringan kerja yang dapat digunakan dalam penjadwalan waktu proyek, antara lain (Soeharto, 1999 dalam Arianto, 2010):

1. *Critical Path Method* (CPM)
2. *Precedence Diagramming Method* (PDM)
3. *Project Evaluation and Review Technique* (PERT)

PDM (*Precedence Diagram Method*)

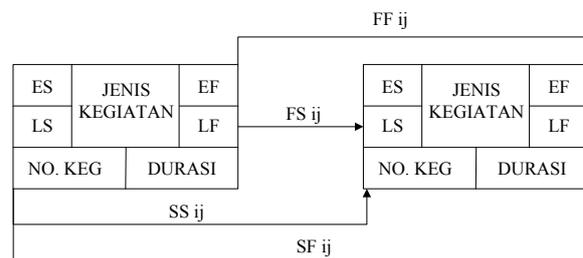
Menurut Ervianto (2005) kelebihan *Precedence Diagram Method* (PDM) dibandingkan dengan CPM adalah PDM tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana. Hal ini dikarenakan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan (Arianto, 2010).

Pada PDM juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Maka di sini terdapat empat macam konstrain (Soeharto, 1999 dalam Arianto, 2010), yaitu:

1. Konstrain selesai ke mulai – *Finish to Start* (FS)
 Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai $FS (i-j) = a$ yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.
2. Konstrain mulai ke mulai – *Start to Start* (SS)
 Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau $SS (i-j) = b$ yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain

semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 % maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai.

3. Konstrain selesai ke selesai – *Finish to Finish* (FF).
 Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau $FF (i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian (=c) hari selesai.
4. Konstrain mulai ke selesai – *Start to Finish* (SF)
 Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan $SF (i-j) = d$, yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai.



Gambar 1. Hubungan Kegiatan i dan j
 (Sumber: Arianto, 2010)

Teknik Perhitungan PDM

Metode PDM adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity On Node* (AON). Disini kegiatan dituliskan dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai penunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto, 1999 dalam Arianto, 2010).

ES	JENIS	EF
LS	KEGIATAN	LF
NO. KEG		DURASI

Gambar 2. Lambang Kegiatan PDM
 (Sumber: Arianto, 2010)

Keterangan:

- ES : *Earliest Start*
- LS : *Latest Start*
- EF : *Earliest Finish*
- LF : *Latest Finish*

Berikut adalah rumus untuk perhitungan PDM adalah (Amani, 2012):

1. Perhitungan maju
 - a. Hubungan kegiatan *finish to finish*
 $EF_j = EF_i + FF_{ij} \dots$
 $ES_j = EF_j - D_j$
 - b. Hubungan kegiatan *finish to start*
 $ES_j = EF_i + FS_{ij} \dots$
 $EF_j = ES_j + D_j$
 - c. Hubungan kegiatan *start to start*
 $ES_j = ES_i + SS_{ij} \dots$
 $EF_j = ES_j + D_j$
 - d. Hubungan kegiatan *start to finish*
 $EF_j = ES_i + SF_{ij} \dots$
 $ES_j = EF_j - D_j$
2. Perhitungan mundur
 - a. Hubungan kegiatan *finish to finish*
 $LF_i = LF_j - FF_{ij}$
 $LS_i = LF_i - D_i$
 - b. Hubungan kegiatan *finish to start*
 $LF_i = LS_j - FS_{ij}$
 $LS_i = LF_i - D_i$
 - c. Hubungan kegiatan *start to start*
 $LS_i = LS_j - SS_{ij}$
 $LF_i = LS_i + D_i$
 - d. Hubungan kegiatan *start to finish*
 $LS_i = LF_j - SF_{ij}$
 $LF_i = LS_i + D_i$
3. Suatu kegiatan dikatakan kritis, apabila:
 - a. waktu mulai paling awal dan paling akhir sama $ES = LS$
 - b. waktu selesai paling awal dan akhir harus sama $EF = LF$
 - c. kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal $LF - ES = D$
 - d. Total *float* = 0 = $LF - EF = LS - ES$

PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)

Metode PERT merupakan suatu metode yang memasukkan unsur-unsur probabilitas, karena mempunyai kadar ketidakpastian pada kurun waktu aktivitas yang berhubungan dengan

pelaksanaan proyek. Inti dari PERT pada dasarnya adalah menentukan besarnya peluang proyek dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditargetkan. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variansi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), yaitu memakai 3 angka estimasi bagi setiap aktivitas yaitu optimistik (a), pesimistik (b) dan yang paling mungkin (m). Dengan memberikan tiga angka estimasi tersebut maka akan memberikan rentang yang lebih besar dalam melakukan estimasi kurun waktu kegiatan dibanding satu angka deterministik (Abisetoyo, 2010).

Teknik Perhitungan PERT

PERT adalah teknik manajemen proyek yang menggunakan tiga perkiraan waktu untuk tiap kegiatan (Prasetya dan Lukiastuti, 2009:33). Tiga angka estimasi tersebut tersebut, yaitu, a, b, dan m yang mempunyai arti sebagai berikut (Soeharto, 1999 dalam Arianto, 2010):

1. a = kurun waktu optimistik (*optimistic duration time*), yaitu durasi tercepat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan bila segala sesuatunya berjalan dengan baik.
2. m = kurun waktu yang paling mungkin (*most likely time*), yaitu durasi yang paling sering terjadi bila suatu kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.
3. b = kurun waktu pesimistik (*pessimistic duration time*), yaitu durasi yang paling lama dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan bila segala sesuatunya berjalan dalam kondisi buruk.

Adapun untuk mendapatkan nilai *mean* durasi kegiatan yang diharapkan *te* (*expected duration*) dan standar deviasi kegiatan dari setiap kegiatan adalah sebagai berikut (Uher, 1996 dalam Arianto, 2010):

$$te = \frac{a+4m+b}{6}$$

$$s = \frac{b-a}{6}$$

Dimana:

- Te = *mean* durasi kegiatan yang diharapkan
- a = adalah waktu optimistik
- m = adalah waktu paling mungkin
- b = adalah waktu pesimistik

s = adalah standar deviasi kegiatan

Kemudian durasi proyek yang diharapkan T_e (Uher, 1996:153) adalah jumlah durasi dari kegiatan kritis dengan asumsi bahwa semua kegiatan adalah independen. Hal itu berarti nilai *mean* dari durasi proyek yang diharapkan terdistribusi normal sesuai dengan *Central Limit Theorem* (Bhattacharya dan Johnson, 1977) yang menyatakan bahwa dalam suatu populasi, fungsi distribusi apapun dapat diasumsikan sebagai fungsi distribusi normal jika jumlah *sample* cukup banyak. Adapun standar deviasi dari distribusi durasi proyek yang diharapkan S adalah akar jumlah kuadrat dari standar deviasi pada kegiatan kritis (Arianto, 2010).

$$T_e = \sum (t_e) \text{ untuk kegiatan kritis}$$

$$S = \sqrt{\sum s^2} \text{ untuk kegiatan kritis}$$

$$Z = \frac{T_s - T_e}{s}$$

Dimana:

- T_e = waktu penyelesaian proyek yang diharapkan
- T_e = *mean* durasi kegiatan yang diharapkan
- S = standar deviasi dari distribusi durasi proyek yang diharapkan
- S = standar deviasi kegiatan
- T_s = target waktu penyelesaian proyek
- Z = nilai probabilitas

Perhitungan Biaya

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan yang akan diadakan *crash* program. Durasi *crashing* maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Soeharto, 1997 dalam Frederika, 2010).

Biaya lembur per hari =

$$(\text{jam kerja lembur pertama} \times 1,5 \times \text{upah satu jam normal}) + (\text{jam kerja lembur berikutnya} \times 2 \times \text{upah satu jam normal})$$

Metode Penelitian

Pada metodologi penelitian atau tahap-tahap penelitian ini akan diuraikan yang

dilalui dari awal sampai akhir, yaitu studi literatur, penelitian pendahuluan, identifikasi masalah, penetapan tujuan, penentuan batasan, pengumpulan data, pengolahan data, analisa serta kesimpulan dan saran.

Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan Data

Berikut rincian kegiatan pembangunan gedung Main Power House (MPH):

Tabel 1. Rincian Kegiatan Proyek Gedung Main Power House (MPH)

No	Uraian	Tgl. Mulai	Tgl. Selesai	Durasi (Hari)
	Gedung MPH	18-Mar-15	20-Jul-15	125 Hari
1	Struktur			
	Pekerjaan Selasar	14-May-15	03-Jun-15	21 Hari
	Pekerjaan Drainase Terbuka	04-Jun-15	24-Jun-15	21 Hari
	Pekerjaan Tangga	18-Mar-15	08-Apr-15	22 Hari
	Pekerjaan Mezzanine Diruang Gudang Oli	09-Apr-15	4-May-15	26 Hari
2	Arsitektur			
	Pekerjaan Pasangan Dinding	5-May-15	01-Jun-15	28 Hari
	Pekerjaan Pelapis Lantai & Dinding	5-May-15	22-Jun-15	49 Hari
	Pekerjaan Sanitair	23-Jun-15	30-Jun-15	8 Hari
	Pekerjaan Dak Atap	5-May-15	04-Jun-15	31 Hari
	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	19-May-15	24-Jun-15	37 Hari
	Pekerjaan Finishing	19-May-15	20-Jul-15	63 Hari
	Pekerjaan Rumah Pompa	5-May-15	22-Jun-15	49 Hari
3	Mekanikal & Elektrikal			
	Elektrikal Arus Kuat	09-Apr-15	01-Jun-15	54 Hari

(Sumber: Pengumpulan Data PT Adhi Karya, 2015)

Tabel 2. Rincian Biaya Langsung Gedung Main Power House (MPH)

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga Rp.
	Gedung Main Power House (MPH)	
I	Struktur	334,035,47

		2.70
	1. Pekerjaan Selasar	41,014,700.70
	2. Pekerjaan Drainase Terbuka	191,366,637.30
	3. Pekerjaan Tangga	27,410,000.00
	4. Pekerjaan Mezzanine Di Ruang Gudang Oli	74,244,134.70
II	Arsitektur	723,350,018.40
	1. Pekerjaan Pasangan Dinding	66,859,605.00
	2. Pekerjaan Pelapis Lantai & Dinding	177,188,778.00
	3. Pekerjaan Sanitair	8,635,440.00
	4. Pekerjaan Dak Atap	119,396,169.40
	5. Pekerjaan Kusen, Pintu Dan Jendela	270,700,800.00
	6. Pekerjaan Finishing	70,903,850.00
	7. Pekerjaan Rumah Pompa	9,665,376.00
II I	Mekanikal & Elektrikal	84,608,420.00
	1. Elektrikal Arus Kuat	84,608,420.00
	Jumlah	1,141,993,911.10

(Sumber: Pengumpulan Data PT Adhi Karya, 2015)

Tabel 3. Rincian Biaya Tidak Langsung Gedung Main Power House (MPH)

Rincian	Biaya (Rp)
Jumlah	26,776.580,32

(Sumber: Pengumpulan Data PT Adhi Karya, 2015)

Tabel 4. Rincian Biaya Upah/ Jam

Kegiatan	Upah (Rp) / Jam
Pekerjaan Tangga	447.100
Pekerjaan Mezzanine Diruang Gudang Oli	769.300
Elektrikal Arus Kuat	297.000
Pekerjaan Pasangan Dinding	205.900
Pekerjaan Dak Atap	104.600
Pekerjaan Pelapis Lantai & Dinding	148.600
Pekerjaan Rumah Pompa	220.000
Pekerjaan Selasar	189.500
Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	880.000
Pekerjaan Finishing	198.000
Pekerjaan Drainase Terbuka	88.000

Pekerjaan Sanitair	87.200
--------------------	--------

(Sumber: Pengumpulan Data PT Adhi Karya, 2015)

Pengolahan Data

Diagram Network PDM

Berikut adalah Rekapitulasi rincian kegiatan gedung Main Power House (MPH) pada diagram *network* PDM.

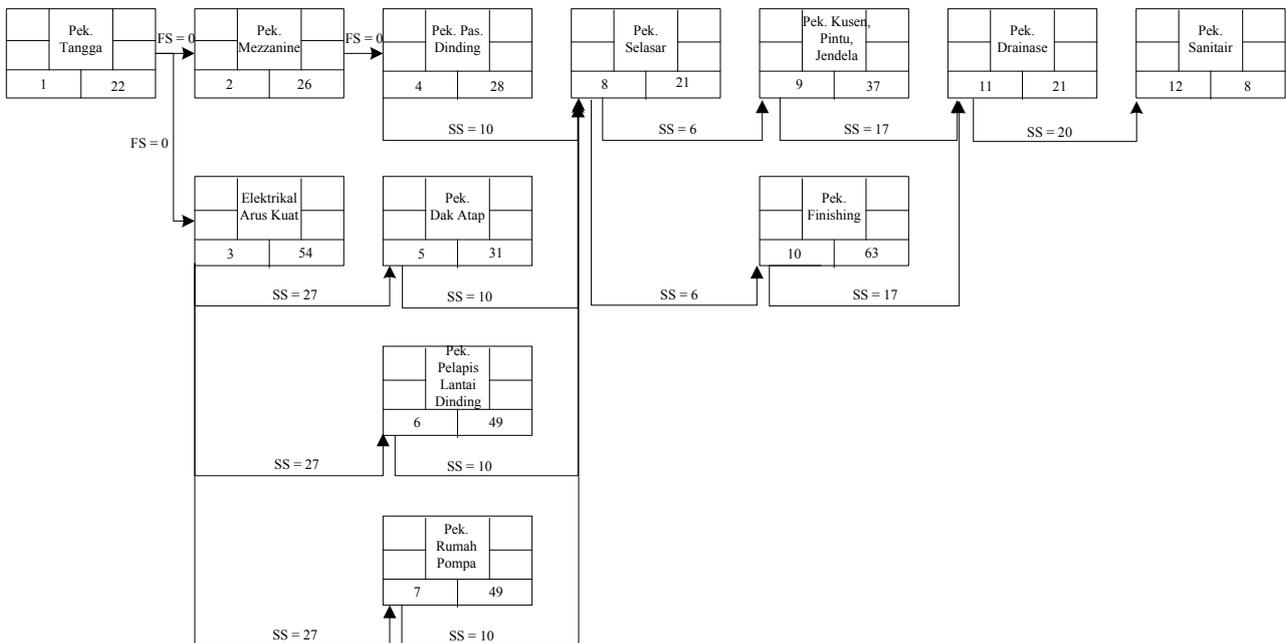
Tabel 5. Rekapitulasi rincian kegiatan gedung Main Power House (MPH)

No	URAIAN	Kode Kegiatan	Keterkaitan Kegiatan	Durasi (Hari)	Konstrain
1	Pekerjaan Tangga	A	-	22	-
2	Pekerjaan Mezzanine Diruang Gudang Oli	B	A	26	FS (1-2) = 0
3	Elektrikal Arus Kuat	C	A	54	FS (1-3) = 0
4	Pekerjaan Pasangan Dinding	D	B	28	FS (2-4) = 0
5	Pekerjaan Dak Atap	E	C	31	SS (3-5) = 27
6	Pekerjaan Pelapis Lantai & Dinding	F	C	49	SS (3-6) = 27
7	Pekerjaan Rumah Pompa	G	C	49	SS (3-7) = 27
8	Pekerjaan Selasar	H	D, E, F, G	21	SS (4-8) = 10 SS (5-8) = 10 SS (6-8) = 10 SS (7-8) = 10
9	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	I	H	37	SS (8-9) = 6
10	Pekerjaan	J	H	63	SS (8-

0	an Finishin g				(10) = 6
1 1	Pekerja an Drainas e Terbuka	K	I, J	21	SS = (9-11) =17 SS = (10-11) = 17
1 2	Pekerja an Sanitair	L	K	8	SS (11- 12) =20

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Berdasarkan tabel di atas, berikut adalah diagram *network*-nya:



Gambar 3. *Precedence Diagram* Proyek Main Power House (MPH)
 (Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur

Perhitungan maju dan perhitungan mundur dibuat berdasarkan *network* diagram yang telah dibuat sebelumnya. Berikut adalah hasil dari perhitungan maju dan perhitungan mundur:

Tabel 6. Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur

Perhitungan Maju	Perhitungan Mundur
Kegiatan A ES = 0 EF = 0 + 22 = 22	Kegiatan L LF = 110 LS = 110 - 8 = 102
Kegiatan B ES = 22 + 0 = 22 EF = 22 + 26 = 48	Kegiatan K LS = 103 - 21 = 82 LF = 82 + 21 = 103
Kegiatan C ES = 22 + 0 = 22 EF = 22 + 54 = 76	Kegiatan J LS = 128 - 63 = 65 LF = 65 + 63 = 128
Kegiatan D	Kegiatan I

ES = 22 + 0 = 22 EF = 22 + 28 = 50	LS = 102 - 37 = 65 LF = 65 + 37 = 102
Kegiatan E ES = 22 + 27 = 49 EF = 49 + 31 = 80	Kegiatan H I-H LS = 80 - 21 = 59 LF = 59 + 21 = 80 J-H LS = 80 - 21 = 59 LF = 59 + 21 = 80
Kegiatan F ES = 22 + 27 = 49 EF = 49 + 49 = 98	Kegiatan G LS = 98 - 49 = 49 LF = 49 + 49 = 98

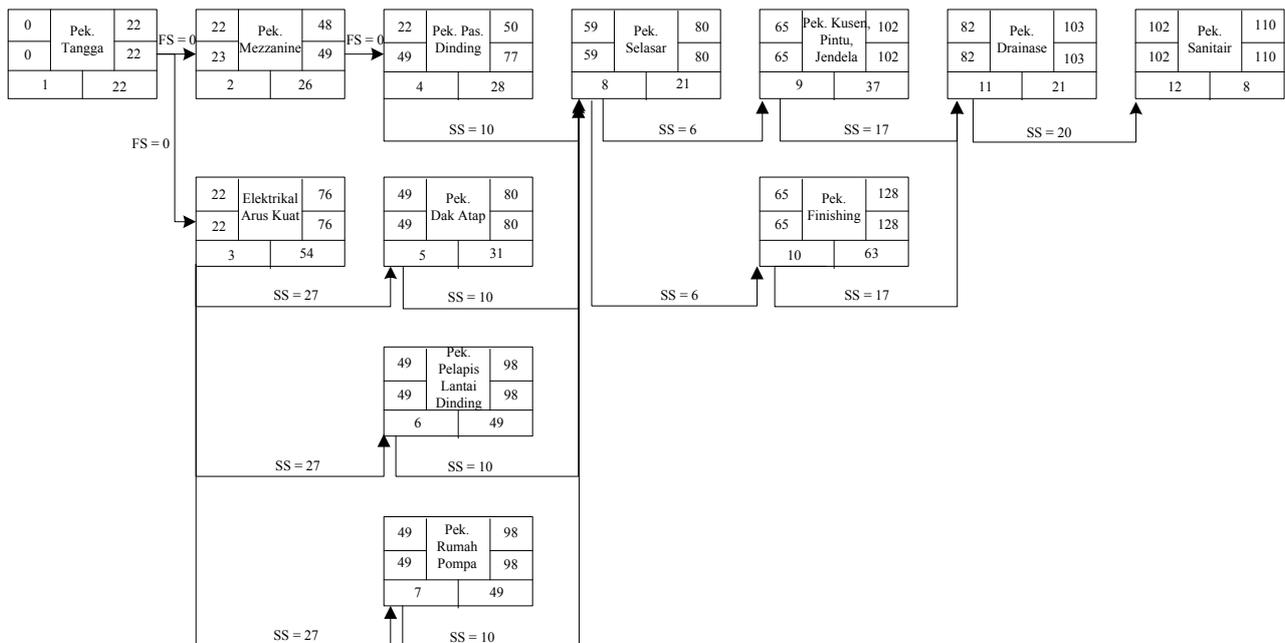
Perhitungan Maju	Perhitungan Mundur
Kegiatan G ES = 22 + 27 = 49 EF = 49 + 49 = 98	Kegiatan F LS = 98 - 49 = 49 LF = 49 + 49 =

	98
Kegiatan H D-H ES = 22 + 10 = 32 EF = 32 + 21 = 53 E-H ES = 49 + 10 = 59 EF = 59 + 21 = 80 F-H ES = 49 + 10 = 59 EF = 59 + 21 = 80 G-H ES = 49 + 10 = 59 EF = 59 + 21 = 80	Kegiatan E LS = 98 - 49 = 49 LF = 49 + 49 = 98
Kegiatan I ES = 59 + 6 = 65 EF = 65 + 37 = 102	Kegiatan D LS = 77 - 28 = 49 LF = 49 + 28 = 77
Kegiatan J	Kegiatan C

ES = 59 + 6 = 65 EF = 65 + 63 = 128	LS = 76 - 54 = 22 LF = 22 + 54 = 76
Kegiatan K I-K ES = 65 + 17 = 82 EF = 82 + 21 = 103 J-K ES = 65 + 17 = 82 EF = 82 + 21 = 103	Kegiatan B LF = 49 - 0 = 49 LS = 49 - 26 = 23
Kegiatan L ES = 82 + 20 = 102 EF = 102 + 8 = 110	Kegiatan A B-A LF = 23 - 0 = 23 LS = 23 - 22 = 1 C-A LF = 22 - 0 = 22 LS = 22 - 22 = 0

(Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 4. Precedence Diagram Proyek Main Power House (MPH) Berdasarkan Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur
 (Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Perhitungan Lintasan Kritis

Perhitungan lintasan kritis dilakukan untuk mengetahui kegiatan-kegiatan yang bersifat kritis atau tidak dapat ditunda pekerjaannya. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Total float = 0 = LF - EF = LS - ES

Berikut adalah hasil dari perhitungan lintasan kritis:

Tabel 7. Perhitungan Lintasan Kritis

Kegiatan	Perhitungan Total Float	Keterangan
----------	-------------------------	------------

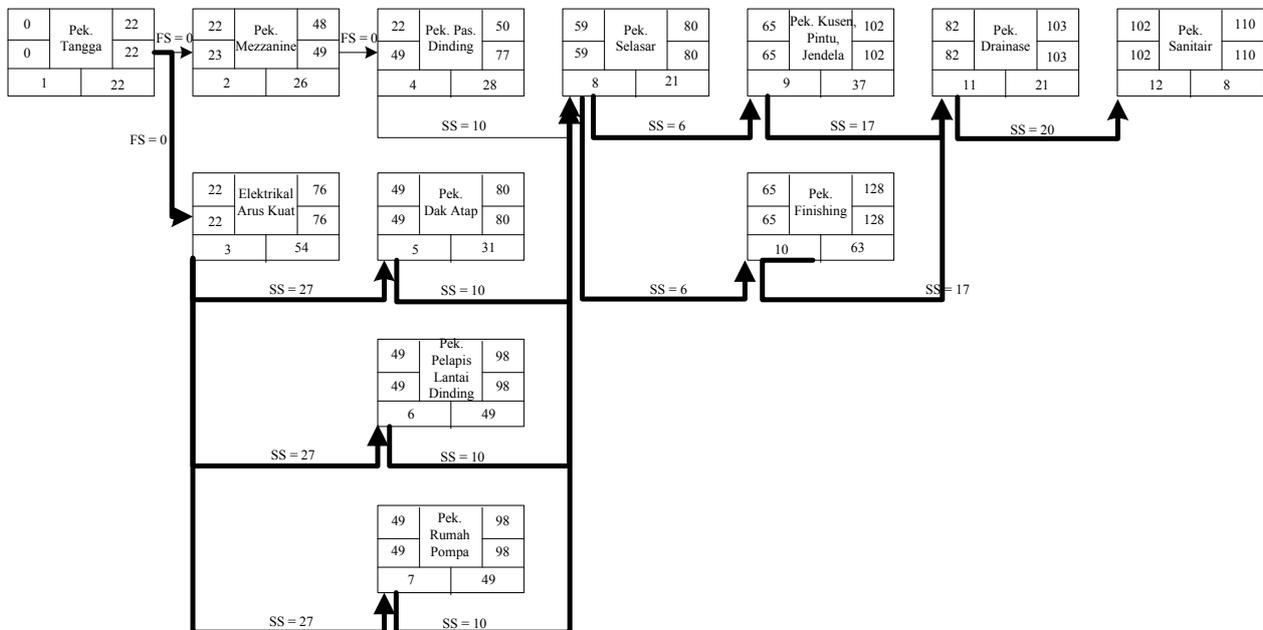
A	$LF - EF = 22 - 22 = 0$ $LS - ES = 0 - 0 = 0$	Lintasan kritis
B	$LF - EF = 49 - 48 = 1$ $LS - ES = 23 - 22 = 1$	Tidak lintasan kritis
C	$LF - EF = 76 - 76 = 0$ $LS - ES = 22 - 22 = 0$	Lintasan kritis

Kegiatan	Perhitungan Total <i>Float</i>	Keterangan
D	$LF - EF = 77 - 50 = 27$ $LS - ES = 49 - 22 = 27$	Tidak lintasan kritis
E	$LF - EF = 80 - 80 = 0$ $LS - ES = 49 - 49 = 0$	Lintasan kritis
F	$LF - EF = 98 - 98 = 0$ $LS - ES = 49 - 49 = 0$	Lintasan kritis
G	$LF - EF = 98 - 98 = 0$ $LS - ES = 49 - 49 = 0$	Lintasan kritis
H	$LF - EF = 80 - 80 = 0$ $LS - ES = 59 - 59 = 0$	Lintasan kritis
I	$LF - EF = 102 - 102 = 0$ $LS - ES = 65 - 65 = 0$	Lintasan kritis

J	$LF - EF = 128 - 128 = 0$ $LS - ES = 65 - 65 = 0$	Lintasan kritis
K	$LF - EF = 103 - 103 = 0$ $LS - ES = 82 - 82 = 0$	Lintasan kritis
L	$LF - EF = 110 - 110 = 0$ $LS - ES = 102 - 102 = 0$	Lintasan kritis

(Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Berdasarkan perhitungan lintasan kritis di atas, berikut adalah diagram *network*-nya:



Gambar 5. *Precedence Diagram* Proyek Main Power House (MPH) Berdasarkan Lintasan Kritis (Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Berdasarkan perhitungan diagram *network* PDM yang telah dibuat, maka diperoleh waktu penyelesaian proyek yaitu 110 hari, dengan kegiatan

yang tidak bisa ditunda pengerjaannya yaitu kegiatan A-C-E-F-G-H-I-J-K-L atau kegiatan pekerjaan tangga, pekerjaan elektrikal arus kuat, pekerjaan dak atap,

pekerjaan pelapis lantai dinding, pekerjaan rumah pompa, pekerjaan selasar, pekerjaan kusen, pintu, jendela, pekerjaan drainase dan pekerjaan sanitair.

Probabilitas PERT (Project Evaluation and Review Technique)

Pada penelitian ini, perhitungan probabilitas menggunakan metode PERT dilakukan dengan pendekatan metode PDM sehingga diagram *network* pada metode ini sama dengan metode PDM.

Tabel 8. Estimasi Durasi PERT

Kegiatan	Durasi (Hari)		
	a	m	b
Pekerjaan Tangga	19	22	25
Pekerjaan Mezzanine Diruang Gudang Oli	23	26	29
Elektrikal Arus Kuat	51	54	57
Pekerjaan Pasangan Dinding	24	28	32
Pekerjaan Dak Atap	27	31	33
Pekerjaan Pelapis Lantai & Dinding	47	49	52
Pekerjaan Rumah Pompa	46	49	51
Pekerjaan Selasar	19	21	23
Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	33	37	41
Pekerjaan Finishing	61	63	65
Pekerjaan Drainase Terbuka	18	21	25
Pekerjaan Sanitair	6	8	11

(Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Setelah dilakukan estimasi durasi untuk perhitungan probabilitas PERT, maka selanjutnya adalah perhitungan *mean* durasi kegiatan yang diharapkan serta standar deviasi. Berikut adalah rumus yang digunakan:

$$te = \frac{a+4m+b}{6}$$

$$s = \frac{b-a}{6}$$

1. Pekerjaan tangga

$$te = \frac{19+4(22)+25}{6}$$

$$= 22$$

$$s = \frac{25-19}{6}$$

$$= 1$$

Berikut adalah rekapitulasi estimasi durasi PERT:

Tabel9. Rekapitulasi Estimasi Durasi PERT

Kegiatan	Durasi (Hari)			te	s	s ²
	a	m	b			
Pekerjaan Tangga	19	22	25	22,00	1,00	1,00
Pekerjaan Mezzanine Diruang Gudang Oli	20	26	29	25,50	1,50	2,25
Elektrikal Arus Kuat	51	54	59	54,33	1,33	1,78
Pekerjaan Pasangan Dinding	24	28	32	28,00	1,33	1,78
Pekerjaan Dak Atap	27	31	33	30,67	1,00	1,00
Pekerjaan Pelapis Lantai & Dinding	45	49	52	48,83	1,17	1,36
Pekerjaan Rumah Pompa	46	49	51	48,83	0,83	0,69

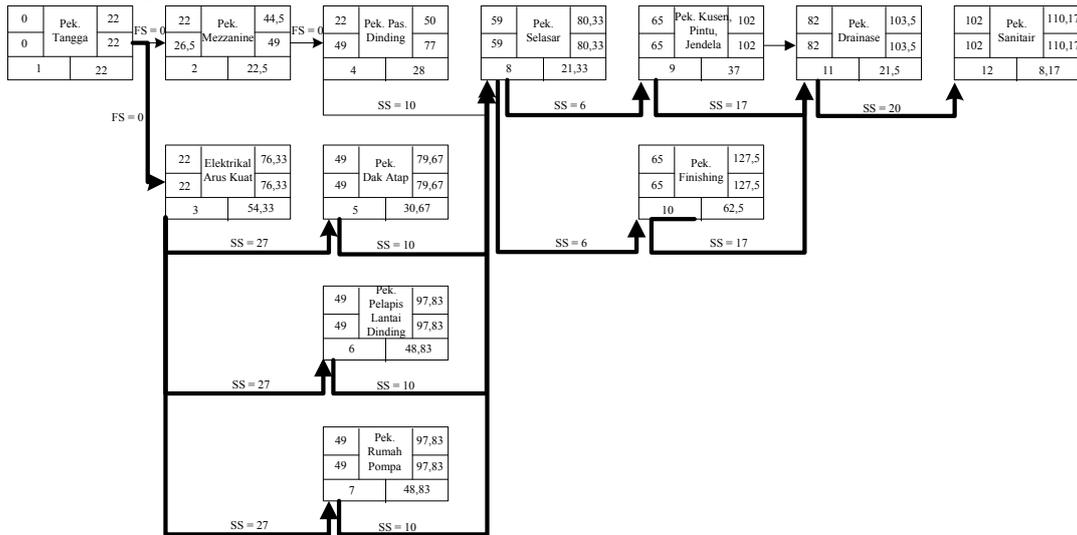
(Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Tabel 10. Rekapitulasi Estimasi Durasi PERT (Lanjutan)

Kegiatan	Durasi (Hari)			te	s	s ²
	a	m	b			
Pekerjaan Selasar	19	21	25	21,33	1,00	1,00
Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	33	37	41	37,00	1,33	1,78
Pekerjaan Finishing	58	63	65	62,50	1,17	1,36
Pekerjaan Drainase Terbuka	18	21	27	21,50	1,50	2,25
Pekerjaan Sanitair	6	8	11	8,17	0,83	0,69

(Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Berdasarkan nilai t_e (durasi yang diharapkan) pada perhitungan di atas, maka dibuat diagram *network* dengan pendekatan PDM. Adapun diagram *network* PERT adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Diagram *Network* Proyek Main Power House (MPH) Metode PERT
 (Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Adapun perhitungan kemungkinan/probabilitas waktu penyelesaian proyek Main Power House (MPH) dengan durasi waktu yang dijadwalkan $T_s = 110$ hari (diambil dari durasi penyelesaian proyek dengan PDM) adalah sebagai berikut:

T_e adalah jumlah dari t_e untuk kegiatan kritis atau sama dengan total waktu penyelesaian proyek yang diharapkan, lintasan kritis proyek Main Power House (MPH) dengan metode PERT adalah kegiatan A-C-E-F-G-H-I-J-K-L atau kegiatan pekerjaan tangga, pekerjaan elektrikal arus kuat, pekerjaan dak atap, pekerjaan pelapis lantai dinding, pekerjaan rumah pompa, pekerjaan selasar, pekerjaan kusen, pintu, jendela, pekerjaan drainase dan pekerjaan sanitair dengan total durasi proyek tercepat yang diharapkan $T_e = 110,17$ hari. Sedangkan standar deviasi dan distribusi durasi proyek yang diharapkan adalah sebagai berikut:

$T_s = 110$ hari

$T_e = 110,17$ hari

$S = \sqrt{\sum s^2}$ untuk kegiatan kritis

$$S = \sqrt{(1,00+2,25+1,78+1,78+1,00+1,36+0,69+1,00+1,78+1,36+2,25+0,69)}$$

$$S = \sqrt{16,94}$$

$$S = 4,12$$

$$Z = \frac{T_s - T_e}{S}$$

$$Z = \frac{110-110,17}{4,12}$$

$$Z = -0,04 \rightarrow \text{Lihat nilai distribusi tabel Z}$$

$$= 0,48$$

$$= 1 - 0,48$$

$$= 0,52 \approx 52\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka dapat diketahui bahwa kemungkinan waktu penyelesaian proyek Main Power House (MPH) dengan waktu total penyelesaian proyek 110 hari adalah 52%.

Perhitungan *Crash Project*

Perhitungan *crash project* atau percepatan proyek dilakukan dengan kerja lembur yang dilakukan

oleh pekerja, sehingga erat hubungannya dengan upah yang diterima oleh setiap pekerja. Pada *crash project* ini, kegiatan yang dilakukan percepatan durasi adalah kegiatan yang memiliki durasi paling lama yang ada pada lintasan kritis, yaitu kegiatan *finishing* dengan durasi 63 hari. Perhitungan durasi proyek menggunakan pendekatan PDM, yaitu dengan total waktu proyek 110 hari dengan nilai Rp 70,903,850.00.

Adapun *crash project* kegiatan *finishing* dapat dilihat sebagai berikut:

Diketahui:

Bobot kegiatan *finishing* = Rp 70,903,850.00

Bobot keseluruhan proyek = Rp 1,141,993,911.10

Waktu kegiatan *finishing* = 63 hari

Waktu kegiatan proyek = 110 hari

1. Pengurangan durasi pekerjaan 1 hari (62 hari)

a. Perhitungan Bobot Pekerjaan

$$= \frac{70,903,850.00}{1,141,993,911.10} \times 100\% = 6,21\% \approx 0,06$$

b. Waktu Normal Perkerjaan = 110 Hari

c. Waktu Perkerjaan Dipercepat = 1 Hari

d. Waktu Setelah Dipercepat = 110 - 1
 = 109 Hari

e. Volume Pekerjaan Normal/Hari

$$= \frac{0,06}{110} = 0,00099$$

Berikut adalah rekapitulasi *crash project* hingga mendapatkan biaya optimal.

Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan *Crash Project*

Crash Duration (Hari)	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
0	63	1.141.993.911,10	26.776.580,32	1.168.770.491,42
1	62	1.142.016.265,94	26.533.107,81	1.168.549.373,75
2	61	1.142.084.796,35	26.289.684,81	1.168.374.481,15
3	60	1.142.201.811,10	26.046.261,80	1.168.248.072,90
4	59	1.142.369.775,51	25.802.838,79	1.168.172.614,30
5	58	1.142.591.324,89	25.559.415,78	1.168.150.740,68
6	57	1.142.869.279,52	25.315.992,78	1.168.185.272,30
7	56	1.143.206.661,10	25.072.569,77	1.168.279.230,87
8	55	1.143.606.711,10	24.829.146,76	1.168.435.857,86
9	54	1.168.658.634,00	24.585.723,75	1.168.658.634,85
10	53	1.144.609.005,00	24.342.300,75	1.168.951.306,19

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat dilihat dengan percepatan durasi sebanyak 5 hari akan menambah biaya optimal yaitu Rp 1.168.150.740,68

Berikut adalah grafik perbandingan percepatan durasi proyek:

f. Volume Pekerjaan Dipercepat/Hari

$$= \frac{0,06}{109} = 0,00100$$

g. Tambahan Waktu Lembur

$$= \frac{0,00100 - 0,00099}{0,000099} \times 8 = 0,11 \text{ Jam}$$

Karena tambahan waktu lembur diperoleh kurang dari 6 jam, maka upah yang dikenakan adalah jam lembur dikali upah standar per jam, sehingga:

h. Upah Lembur/Hari

$$0,11 \times \text{Rp } 198.000 = \text{Rp } 22.354,84$$

i. Biaya Langsung:

$$\text{Rp } 1.141.993.911,10 +$$

$$(1 \times \text{Rp } 22.354,84)$$

$$= \text{Rp } 1.142.016.265,94$$

j. Biaya Tidak Langsung:

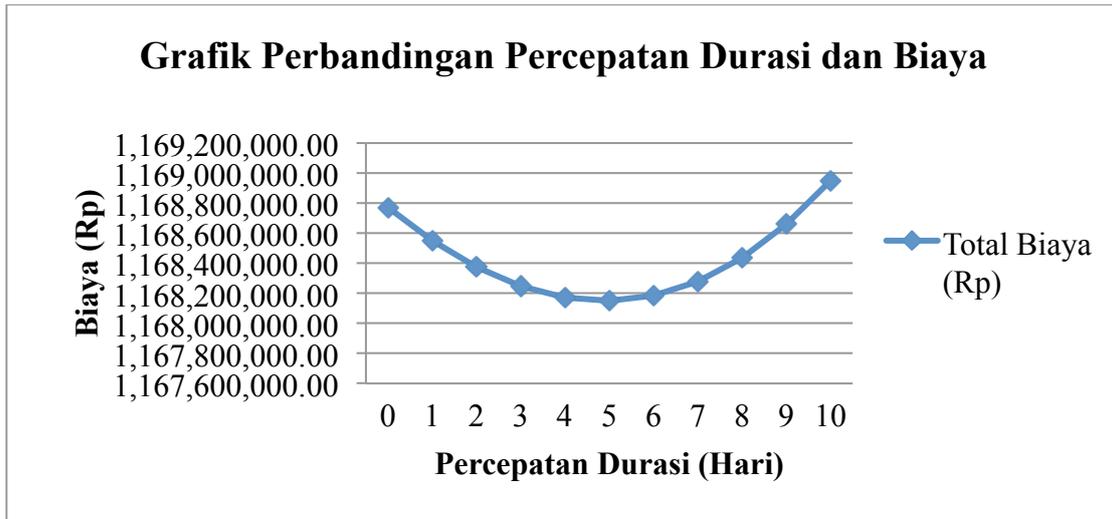
$$(\text{Rp } 26.776.530,82 : 110) \times 109$$

$$= \text{Rp } 26.533.107,81$$

k. Total Biaya

$$= \text{Rp } 1.142.016.265,94 + \text{Rp } 26.533.107,81$$

$$= \text{Rp } 1.168.549.373,75$$



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Percepatan Durasi dan Biaya
 (Sumber: Pengolahan Data, 2015)

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa biaya optimum percepatan durasi adalah dengan mempercepat 5 hari kegiatan *finishing* yaitu dengan total biaya Rp 1.168.150.740,68. Jika percepatan durasi sebanyak 6 hari, maka total biaya akan lebih besar yaitu Rp 1.168.185.272,30.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. Jalur kritis pada proyek Gedung Main Power House (MPH) adalah kegiatan A-C-E-F-G-H-I-J-K-L atau kegiatan pekerjaan tangga, pekerjaan elektrikal arus kuat, pekerjaan dak atap, pekerjaan pelapis lantai dinding, pekerjaan rumah pompa, pekerjaan selasar, pekerjaan kusen, pintu, jendela, pekerjaan drainase dan pekerjaan sanitair.
2. Probabilitas penyelesaian proyek selama 110 hari (dengan pendekatan PDM) adalah 52%.
3. Biaya optimal proyek adalah sebesar Rp 1.168.150.740,68 dengan percepatan durasi kegiatan *finishing* sebanyak 5 hari.

Daftar Pustaka

Abisetoyo. W. 2010. Penerapan Penjadwalan Probabilistik pada Proyek Pengembangan Gedung Fsaintek Unair. Jurnal.

Amani. W., Helmi., Beni. I. 2012. Perbandingan Aplikasi CPM, PDM, dan Teknik *Bar Chart*-Kurva S pada Optimalisasi Penjadwalan Proyek. Jurnal.

Arianto, A. 2010. Eksplorasi Metode *Bar Chart*, CPM, PDM, PERT, *Line of Balance* dan *Time of Chainage Diagram* dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi. Tesis.

Arta. I. M. J. A. 2010. Analisa Optimasi Biaya dan Waktu Pada Proyek Lanjutan Tahap III Pembangunan Gedung Fakultas Teknologi Informasi (FTIF) ITS. Jurnal.

Christian., Cefiro., Sentosa. 2013. Studi Kasus Penerapan Metode Pert Pada Proyek Gudang X. Jurnal.

Dannyanti, E. 2011. Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT dan CPM. Jurnal.

Frederika. A. 2010. Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung). Jurnal.

Gumilang. 2014. Metode PERT-CPM untuk Optimalisasi Penjadwalan Proyek (Studi Kasus Pembangunan Rusunawa Karangroto Semarang). Jurnal.

Gray. C. F dan Erik. W. L. 2007. Manajemen Proyek. Yogyakarta. Andi.

Lumbabatu. J. K., Syahrizal. 2013. Analisis Percepatan Waktu Proyek dengan Tambahan Biaya Yang Optimum (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Yayasan Pelita Bangsa di Jl. Iskandar Muda Medan, Sumatera Utara). Jurnal.

- Malingkas. G.Y ., Tisano. T. J. A, Huibert. T. 2013. Menganalisis Sensitivitas Keterlambatan Durasi Proyek Dengan Metode CPM (Studi Kasus: Perumahan Puri Kelapa Gading). Jurnal.
- Raharja. I. 2014. Analisa Penjadwalan Proyek Dengan Metode PERT di PT. Hasana Damai Putra Yogyakarta pada Proyek Perumahan Tirta Sani. Jurnal.
- Sahid. D.S.S. 2012. Implementasi *Critical Path Method* dan *PERT Analysis* pada Proyek *Global Technology for Local Community*. Jurnal.
- Sasmoko. D. 2013. Penerapan Teknologi XML Web Service Perusahaan Manufaktur untuk Mengukur Waktu Kerja Menggunakan Metode CPM. Jurnal.
- Somantri. A. 2005. Studi Tentang Perencanaan Waktu dan Biaya Proyek Penambahan Ruang Kelas di Politeknik Manufaktur pada PT Haryang Kuning. Jurnal.