

**ANALISIS DURASI PEKERJAAN DINDING PANEL
BERDASARKAN METODE PERT DAN CCPM
(Studi Kasus: Proyek Ruko The Boulevard, Jakarta Garden City)**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**INDIRA THENISIA LATUBA FARMA
NIM. 135060101111076**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**

ANALISIS DURASI PEKERJAAN DINDING PANEL BERDASARKAN METODE PERT DAN CCPM

(Studi Kasus: Proyek Ruko The Boulevard, Jakarta Garden City)

(Analysis of Panel Wall Construction Based on PERT and CCPM Method (A Case Study: Shophouse Project of The Boulevard, Jakarta Garden City))

Indira Thenisia Latuba Farma, Rahayu Kusumaningrum, Saifoe El Unas

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT.Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia

Email: indirathenisia@gmail.com

ABSTRAK

Keberhasilan dalam suatu proyek adalah jika proyek yang dilaksanakan sesuai dengan jadwal dan standar sebuah proyek yaitu tepat waktu, tepat mutu, dan tepat biaya. Hal ini yang mendorong munculnya suatu penggabungan kemajuan teknologi khususnya dalam bidang material bahan bangunan dengan teknologi terbaru untuk mendapatkan hasil pengerjaan yang cepat. Salah satunya adalah material Panel, dengan bahan utama yaitu *Expanded Polystyrene System (EPS)* dan *Wiremesh*. Penelitian dilakukan dengan pengamatan secara langsung pekerjaan di lapangan dengan mencatat waktu pada masing-masing kegiatan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dan Metode CCPM (*Critical Chain Project Management*) untuk mendapatkan nilai durasi dan nilai produktivitas. Nilai probabilitas pekerjaan didapatkan dengan menggunakan tabel distribusi nilai Z (normal baku). Dari analisis dan perhitungan didapat durasi yang dibutuhkan pada pekerjaan dinding panel ditinjau dari metode PERT adalah: pemasangan besi stek sampai pemlesteran tahap 1 sebesar 49,513 menit/ panel, persiapan pemlesteran tahap 2 sebesar 18,859 menit/ panel, dan pemlesteran tahap 2 adalah 30,117 menit/ panel. Untuk total durasi dari penjadwalan pekerjaan dinding panel menggunakan metode PERT adalah 6,598 jam/m² dan total durasi dari penjadwalan pekerjaan dinding panel menggunakan metode CCPM adalah: dengan durasi terealistis (m) sebesar 6,587 jam/m², dengan durasi terealistis (m) + *buffer* sebesar 6,634 jam/m². Hasil nilai produktivitas pekerjaan dinding panel ditinjau dari durasi CCPM adalah 16,508 m²/jam. Probabilitas pekerjaan dinding panel berdasarkan durasi pada metode PERT dan CCPM adalah: dengan durasi terealistis (m) sebesar 75,78%, dengan durasi terealistis (m) + *buffer* sebesar 99,98%.

Kata Kunci : Panel, Penjadwalan, Produktivitas, Probabilitas, Metode PERT, Metode CCPM

ABSTRACT

*The success of a project is marked by punctuality on schedule and done accordingly to the project's standard; on time, within budget, and meeting the quality specified. This encourages the combination of technological advancements, especially in building materials, with the newest technology in order to acquire the shortest construction duration. One of it is the Panel material, with the main material is Expanded Polystyrene System (EPS) and Wiremesh. The research was done by direct observation on field to record the duration on each construction. The method used in this research were PERT (Program Evaluation and Review Technique) and CCPM (Critical Chain Project Management), in order to acquire the duration and productivity value. The probability value of construction was obtained by using distribution of Z value (normal standard). From the analysis and calculation, it was found that the duration of wall panel base on PERT method were: iron cutting installation to plastering stage 1 took 49.513 mins/panel, preparation for plastering stage 2 took 18,859 mins/panel, and plastering step 2 took 30,117 mins/panel. The total duration from scheduling to panel wall construction using PERT method was 6,598 hrs/m² and the total scheduling of wall panel construction using CCPM method were: with realistic duration (m) took 6,598 hrs/m², with realistic duration (m) + *buffer* took 6,634 hrs/m². The productivity value of wall panel construction seen from CCPM duration was 16.508 m²/hour. The probability of wall panel construction based on PERT and CCPM method were: with realistic duration (m) took 75,78%, with realistic duration (m) + *buffer* took 99,98%.*

Keywords : panel, schedulling, productivity, probability, PERT method, CCPM method

PENDAHULUAN

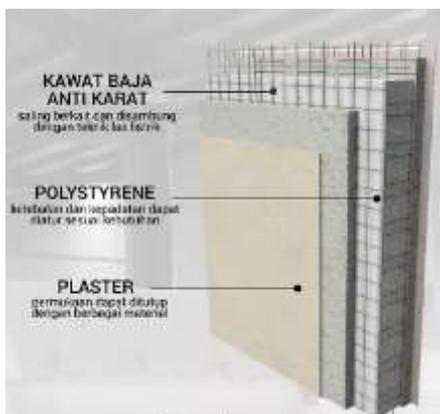
Setiap proyek konstruksi selalu dihadapkan pada parameter penting pelaksanaan proyek yang sering dikenal sebagai sasaran proyek konstruksi. Sehingga salah satu keberhasilan dari proyek konstruksi dapat ditentukan dengan penyelesaian proyek konstruksi yang tepat waktu, tepat mutu, dan tepat biaya. Hal inilah yang mendorong munculnya inovasi – inovasi baru untuk mendukung pengerjaan proyek konstruksi baik dari segi ketepatan waktu dan kualitas bahan, dari proses pengerjaan dan material yang digunakan.

Untuk mendapatkan hasil pengerjaan yang cepat diperlukan adanya penggabungan kemajuan teknologi khususnya dalam bidang material dengan teknologi terbaru yang dapat menunjang kegunaan bahan material tersebut. Material ini adalah Panel, dimana bahan utamanya menggunakan *Expanded Polystyrene System* (EPS) dan *Wiremesh*. Material Panel berfungsi sebagai pengganti material untuk rangka atap, dinding, partisi, tangga, lantai dan yang lain. Panel merupakan material yang sangat mudah pelaksanaannya dan memerlukan waktu yang relatif sangat cepat dibandingkan dengan batu bata konvensional.

Teknologi pembuatan dinding dengan menggunakan Panel semakin banyak diminati di bidang konstruksi di Indonesia. Oleh karena itu diperlukan adanya analisis terhadap durasi pekerjaan menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). Setelah durasi pekerjaan didapatkan, akan diketahui berapa nilai buffer yang dapat diambil yang nantinya digunakan dalam penjadwalan dengan metode CCPM (*Critical Chain project Management*). Penjadwalan ini berguna untuk mengetahui berapa lama pekerjaan panel dapat terselesaikan yang membuat suatu proyek menjadi lebih efektif dari segi waktu.

TINJAUAN PUSTAKA

Dinding Panel



Gambar 1. Tampilan Panel EPS

M-Panel merupakan hasil inovasi teknologi konstruksi material terbaru yang terbuat dari bahan-bahan yang ramah lingkungan, bersifat ringan namun kokoh, tidak menyalakan api dan kedap suara. Material panel dapat digunakan menjadi salah satu pengganti material konvensional seperti batu bata. Pada dasarnya material panel dapat berfungsi sebagai struktur sehingga dapat mengurangi adanya penggunaan struktur konvensional pada bangunan.

Produktivitas Tenaga Kerja

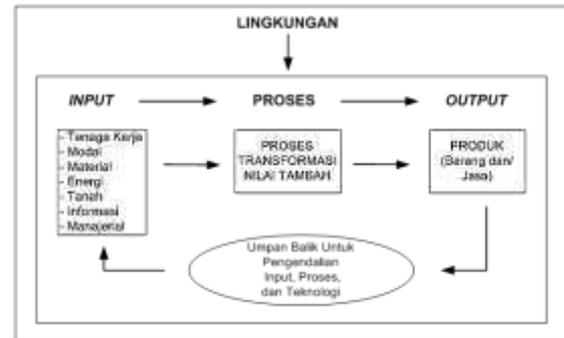
Produktivitas adalah hubungan antara hasil nyata maupun fisik (barang atau jasa) dengan masukan. Artinya perbandingan dari hasil yang masuk atau output-input. Masukan sering dibatasi oleh masukan tenaga kerja sedangkan keluaran diukur sebagai kesatuan fisik, bentuk, dan nilai. (Sinungan, 2003)

Produktivitas dapat dinyatakan dengan persamaan: (Thomas & Kramer, 1988).

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

$$\text{Produktivitas Pekerja (m}^2/\text{jam)} = \frac{\text{Hasil Kerja (m}^2\text{)}}{\text{Jam/ Durasi Kerja}}$$

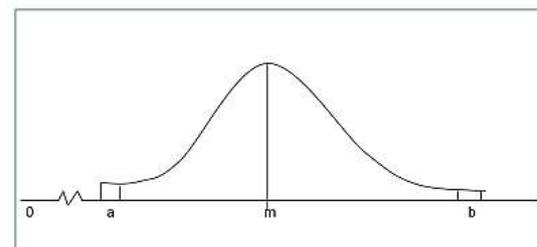
Berikut digambarkan sistem produksi secara sederhana:



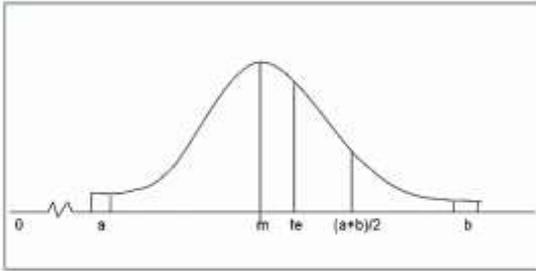
Gambar 2. Skema Sistem Produksi Sederhana

PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

Dalam PERT digunakan distribusi peluang dari tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan, antara lain waktu optimis (a) yaitu waktu tercepat, waktu pesimis (b) adalah waktu terlama, dan waktu realistis (m) adalah waktu yang sering muncul.



Gambar 3. Tiga Macam Taksiran Waktu pada Distribusi Beta



Gambar 4. Nilai Tengah, *Expected Value*, a, m, dan b dalam Distribusi Beta

Kemudian diperoleh pendekatan dari durasi rata-rata yang disebut *expected return* (te) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Te = \frac{a + m + b}{6}$$

Dengan keterangan:

- Te = *Expected duration*
- a = Waktu optimis
- m = Waktu realistis
- b = Waktu pesimis

Besarnya ketidakpastian tergantung pada besarnya angka a dan b, dengan persamaan sebagai berikut :

1. Deviasi standar kegiatan:

$$S = \frac{1}{6}(b - a)$$

Dengan keterangan:

- S = Deviasi standar kegiatan
- a = Waktu optimis
- b = Waktu pesimis

2. Variasi kegiatan

$$V(te) = S^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

Dengan keterangan:

- V (te) = Varians kegiatan
- S = Deviasi standar kegiatan
- a = Waktu optimis
- b = Waktu pesimis

$$Scr = \sqrt{\sum V(te) \text{ pada lintasan kritis}}$$

Untuk mengetahui kemungkinan mencapai target jadwal dapat dilakukan dengan menghubungkan antara waktu yang diharapkan (TE) dengan target T(d) yang dinyatakan dengan menggunakan persamaan:

$$P(TE \leq T(d)) = P\left(Z \leq \frac{T(d) - TE}{Scr}\right)$$

Dengan nilai z adalah:

$$z = \frac{T(d) - TE}{Scr}$$

Dengan keterangan:

- z = Angka kemungkinan mencapai target
- T(d) = Target jadwal
- TE = Jumlah waktu kegiatan kritis
- Scr = Deviasi standar kegiatan

Angka z merupakan angka probabilitas yang persentasenya dapat dicari dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif z.

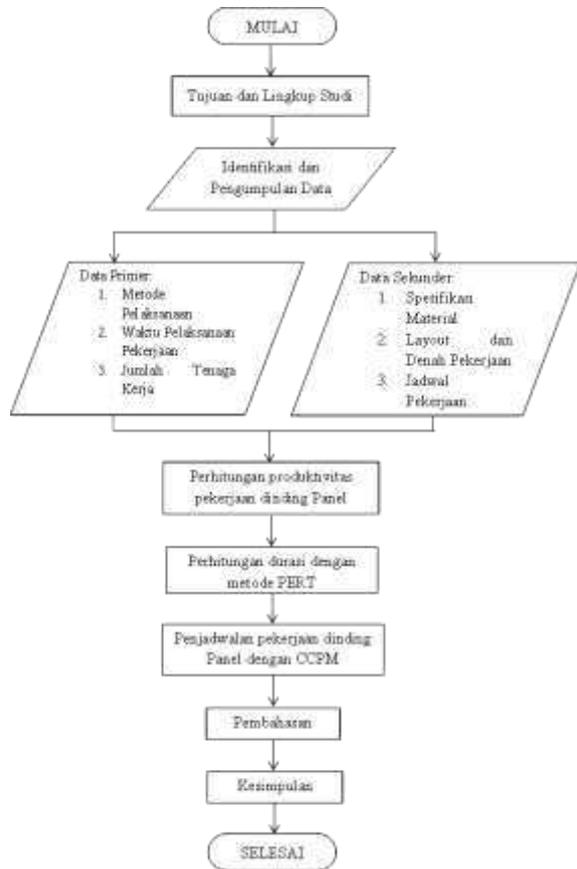
CCPM (*Critical Chain Project Management*)

Critical Chain Project Management adalah metode penjadwalan dan pengendalian proyek dimana dalam perencanaannya menghilangkan *multitasking*, *student syndrome*, *parkinson's law*, *buffer management* dan memindahkan durasi pengaman atau *buffer* pada masing-masing akhir kegiatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum

Subjek dalam penelitian ini adalah durasi pekerjaan dengan menggunakan metode PERT dan *Critical Chain Project Management*, Produktivitas dan Probabilitas pekerjaan dinding panel. Dan objek penelitian adalah proyek Ruko The Boulevard, Jakarta Garden City dengan kontraktor adalah PT. Mitra Griya Persada Nusantara dan sub kontraktor adalah PT. M-Panel Indonesia.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Penentuan Sampel

a. Metode Slovin

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh jumlah sampel yang dibutuhkan adalah menggunakan Metode Slovin, dengan persamaan sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + N e^2} = \frac{30}{1 + 30 (0,05)^2} = 27,91 = 28$$

Dengan Keterangan:

- n = jumlah sampel
- N = jumlah populasi
- e = batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

b. Metode *Proportionate Stratified Random Sampling*

Metode *proportionated stratified random sampling* digunakan untuk jumlah sampel yang tidak homogen. Pada proyek ruko the boulevard ini terdapat beberapa tipe panel yang memiliki lebar dan tinggi yang berbeda oleh karena itu digunakan persamaan ini untuk menentukan jumlah sampel pada tiap tipe panel. Persamaan *Proportionated Stratified Random Sampling* adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{\text{Populasi Kelas}}{\text{Jumlah Populasi Keseluruhan}} \times \text{Jumlah slovin}$$

Berikut adalah perhitungan sampel untuk tiap panel:

Tabel 1. Hasil *Sampling* dengan Metode *Proportionate Stratified Random Sampling*

No.	Tipe Panel	Jumlah (panel)	Hasil Sampling (panel)
1	PSM 10 – A	9	8
2	PSM 10 – B	9	8
3	PSM 10 – C	8	8
4	PSM 10 – D	4	4
Jumlah		30	28

c. *Daily Record Sheet*

Hasil pengamatan durasi di lapangan, dicatat dalam bentuk *Daily Record Sheet*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah Pekerjaan Pemasangan

Pada penelitian ini langkah pekerjaan pemasangan dinding panel adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan Besi Stek
 2. Pemasangan Dinding Panel
 3. Pemasangan Perkuatan
 4. Pemasangan MEP
 5. Plesteran Tahap 1
 6. Persiapan Plesteran Tahap 2
 7. Plesteran Tahap 2
- Panel dikelompokkan menjadi 3 bagian berdasarkan luasan panel yaitu:

- Panel 1 (Tipe A dan C) = 3,66 m²

- Panel 2 (Tipe B) = 3,78 m²
- Panel 3 (Tipe C) = 2,835 m²

Untuk pekerjaan pemasangan dinding panel, plesteran tahap 1, persiapan plesteran tahap 2, dan plesteran tahap 2 untuk analisis waktu dan distribusi frekuensi diolah untuk tiap bagian panel berdasarkan luasan.

Analisis Waktu

Hasil pengamatan dilapangan dicatat dalam bentuk *Daily Record Sheet* seperti berikut:

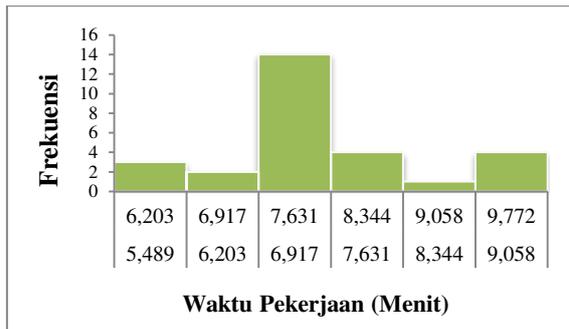
Tabel 2. Hasil *Daily Record Sheet* Pemasangan Besi Stek

No	Tipe Panel	Luas (m ²)	Waktu Pekerjaan (Menit)	Jumlah Pekerja	
				Tukang	Pekerja Kasar
1	B	3,78	08:24,4	1	
2	A	3,66	07:46,8	1	
3	B	3,78	07:31,0	1	
4	C	3,66	07:56,5	1	
5	D	2,835	05:48,9	1	
6	C	3,66	08:04,5	1	
7	A	3,66	06:39,9	1	
8	B	3,78	09:55,6	1	
9	C	3,66	07:00,4	1	
10	B	3,78	08:45,1	1	
11	D	2,835	06:31,8	1	
12	C	3,66	07:22,9	1	
13	A	3,66	09:13,3	1	
14	A	3,66	07:54,6	1	
15	D	2,835	06:03,7	1	
16	A	3,66	07:40,8	1	
17	C	3,66	08:13,6	1	
18	B	3,78	07:25,3	1	
19	C	3,66	07:04,7	1	
20	D	2,835	06:06,2	1	
21	A	3,66	07:00,3	1	
22	C	3,66	09:37,2	1	
23	B	3,78	07:19,4	1	
24	A	3,66	08:08,9	1	
25	B	3,78	07:10,1	1	
26	B	3,78	07:29,0	1	
27	A	3,66	09:77,2	1	
28	C	3,66	07:01,2	1	

Data yang telah didapatkan kemudian diolah menjadi distribusi frekuensi dan ditampilkan dalam bentuk histogram.

Tabel 3. Frekuensi Pemasangan Besi Stek

Waktu (menit)	Frekuensi
5,489 – 6,203	3
6,203 – 6,917	2
6,917 – 7,631	14
7,631 – 8,344	4
8,344 – 9,058	1
9,058 – 9,772	4
Total	28



Gambar 6. Histogram Distribusi Frekuensi Pemasangan Besi Stek

Pada pekerjaan lainnya data dicatat dalam bentuk *Daily Record Sheet* dan diolah menjadi distribusi frekuensi sama seperti pekerjaan pemasangan besi stek.

Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

Dalam metode PERT diperoleh hasil distribusi peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan, antara lain waktu Optimis (a), waktu terealistis (m), dan waktu pesimis (b). Waktu ini diperoleh dari hasil data analisis waktu yang dipaparkan dalam bentuk distribusi frekuensi sebelumnya.

Tabel 4. Nilai a, m, b, S, dan V per m² (menit)

No	Tahap Pekerjaan	a	m	b	S	V(Te)	Te
1	Pemasangan Besi Stek	5,85	7,27	9,42	0,59	0,35	7,39
	Pemasangan Dinding Panel 1	2,38	4,31	4,31	0,32	0,10	3,99
2	Pemasangan Dinding Panel 2	10,77	11,50	12,96	0,36	0,13	11,62
	Pemasangan Dinding Panel 3	1,64	2,25	2,25	0,10	0,01	2,15
3	Pemasangan Perkuatan	5,77	7,15	9,23	0,58	0,33	7,27
4	Pemasangan MEP	16,66	20,61	21,60	0,82	0,68	20,12
5	Plesteran Tahap 1 Panel 1	10,60	14,15	15,33	0,79	0,62	13,75
	Plesteran Tahap 1 Panel 2	11,18	12,55	15,30	0,69	0,47	12,78
	Plesteran Tahap 1 Panel 3	12,18	12,18	14,63	0,41	0,17	12,59
6	Persiapan Plesteran Tahap 2 Panel 1	18,19	21,12	24,04	0,97	0,95	21,12
	Persiapan Plesteran Tahap 2 Panel 2	19,80	21,09	21,74	0,32	0,10	20,98
7	Persiapan Plesteran Tahap 2 Panel 3	18,21	18,21	22,12	0,65	0,42	18,86
	Plesteran Tahap 2 Panel 1	30,00	30,91	33,62	0,60	0,36	31,21
	Plesteran Tahap 2 Panel 2	30,52	30,52	34,94	0,74	0,54	31,25
	Plesteran Tahap 2 Panel 3	29,89	29,89	31,24	0,22	0,05	30,12

Penjadwalan dengan Metode PERT

Pada penelitian ini penjadwalan dibagi menjadi 3 tahapan pekerjaan. Pembagian tahapan ini dikarenakan pekerjaan persiapan plesteran tahap 2 dan plesteran tahap 2 dikategorikan sebagai pekerjaan finishing. Untuk mengerjakan persiapan plesteran tahap 2 diperlukan waktu tunggu sekitar 1 hari atau 320 menit untuk menunggu hasil dari pekerjaan plesteran tahap 1 mengering. Dan untuk mengerjakan plesteran tahap 2 diperlukan waktu tunggu sekitar 1 jam atau 40 menit untuk menunggu kepalaan kering.

Tabel 5. Tahapan Penjadwalan

Tahapan	Jenis Pekerjaan
1	Pemasangan Besi Stek s/d Plesteran Tahap 1
2	Persiapan Plesteran Tahap 2
3	Plesteran Tahap 2

Penjadwalan dilakukan untuk 1 set panel, dimana panel 1 dan 2 terdiri dari 2 panel yaitu panel x dan y. Sedangkan panel 3 terdiri dari 1 panel yaitu panel x. Keterkaitan antar pekerjaan dan durasi pekerjaan dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 6. Hubungan Aktivitas Pekerjaan

No	Pekerjaan	Kode Aktivitas	Successor
1	Pemasangan Besi Stek X	A	B
2	Pemasangan Besi Stek Y	B	C
3	Pemasangan Panel X	C	D
4	Pemasangan Panel Y	D	E,F
5	Pemasangan Perkuatan	E	G
6	Pemasangan MEP	F	G
7	Plesteran Tahap 1	G	-

Pada Tahapan 1 penjadwalan digambarkan dalam bentuk *network diagram* PDM. Sedangkan pada Tahapan 2 dan 3 pekerjaan tidak digambarkan dalam *network diagram* karena hanya berupa pekerjaan tunggal. Berikut durasi kritis pada tiap tahapan:

Tabel 7. Nilai durasi per m² Tahapan 1 Metode PERT

No	Pekerjaan	Luasan	Durasi Te (Menit)	Durasi Per m ² (menit/m ²)
1	Panel 1	3,66	56,63	7,736
2	Panel 2	3,78	70,92	9,381
3	Panel 3	2,835	51,79	18,268

Tabel 8. Nilai durasi per m² Tahapan 2 Metode PERT

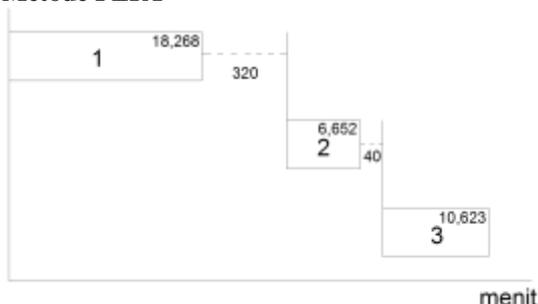
No	Pekerjaan	Luasan (m ²)	Durasi Te (menit)	Durasi Per m ² (menit/m ²)
1	Persiapan Plesteran tahap 2 Panel 1	3,66	21,119	5,7702
2	Persiapan Plesteran tahap 2 Panel 2	3,78	20,984	5,5513
3	Persiapan Plesteran tahap 2 Panel 3	2,835	18,859	6,6522

Tabel 9. Nilai durasi per m² Tahapan 3 Metode PERT

No	Pekerjaan	Luasan (m ²)	Durasi Te (menit)	Durasi Per m ² (menit/m ²)
1	Plesteran tahap 2 Panel 1	3,66	31,210	8,5273
2	Plesteran tahap 2 Panel 2	3,78	31,255	8,2685
3	Plesteran tahap 2 Panel 3	2,835	30,117	10,6232

Untuk mendapatkan durasi per m² maka durasi dibagi dengan jumlah panel dikalikan luasan. Dari nilai durasi pada ketiga tahapan diatas, didapatkan nilai durasi terbesar adalah pada panel 3. Oleh karena itu untuk penjadwalan dengan menggunakan metode CCPM (*Critical Chain Project Management*) menggunakan panel 3.

Hubungan Kegiatan pada Penjadwalan dengan Metode PERT



Gambar 7. Time Scale Diagram 3 Tahapan Pekerjaan Metode PERT

Berikut adalah total durasi pekerjaan pemasangan dinding panel dengan metode PERT yang didapatkan dari ketiga tahapan:

Total Durasi Pekerjaan = Tahapan 1 + Slack + Tahapan 2 + Slack + Tahapan 3

Total Durasi Pekerjaan = 18,268 + 320 + 6,652 + 40 + 10,62 = 395,54 menit/m² = 6,59 jam/m²

Metode CCPM (*Critical Chain Project Management*)

Pada metode CCPM perbedaan terletak pada waktu durasi kegiatannya, dimana durasi yang digunakan adalah nilai terealistis (m) yang telah didapatkan dari metode PERT lalu ditambahkan dengan nilai *buffer* atau angka keamanan. Berikut persamaan untuk mendapatkan nilai *buffer*:

$$\text{Nilai buffer} = \left(\frac{\text{Nilai Pesimis} - \text{Nilai terealistis}}{2} \right)$$

Penjadwalan dibagi menjadi 2 jenis yaitu penjadwalan dengan durasi terealistis (m) dan durasi terealistis (m) + *buffer*. Pada tiap jenis penjadwalan terdapat 3 tahapan pekerjaan seperti pada metode PERT. Karena pada metode CCPM hanya menghitung durasi untuk panel 3, maka 1 set panel terdiri dari 1 panel yaitu panel x. Keterkaitan antar pekerjaan dan durasi pekerjaan sama seperti pada metode PERT.

Pada Tahapan 1 penjadwalan digambarkan dalam bentuk *network diagram* PDM. Sedangkan pada Tahapan 2 dan 3 pekerjaan tidak digambarkan dalam *network diagram* karena hanya berupa pekerjaan tunggal. Berikut durasi kritis pada tiap tahapan:

Tabel 10. Nilai durasi per m² Tahapan 1 Metode CCPM

No	Pekerjaan	Luasan (m ²)	Durasi (menit)	Durasi Per m ² (menit/m ²)
1	Dengan nilai terealistis (m)	2,835	51,83	18,282
2	Dengan nilai terealistis (m) + <i>buffer</i>	2,835	55,7	19,647

Tabel 11. Nilai durasi per m² Tahapan 2 Metode CCPM

No	Pekerjaan	Luasan (m ²)	Durasi (menit)	Durasi Per m ² (menit/m ²)
1	Dengan nilai terealistis (m)	2,835	18,21	6,4232
2	Dengan nilai terealistis (m) + <i>buffer</i>	2,835	20,16	7,1111

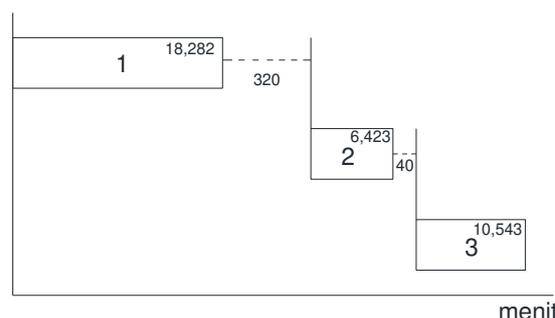
Tabel 12. Nilai durasi per m² Tahapan 3 Metode CCPM

No	Pekerjaan	Luasan (m ²)	Durasi (menit)	Durasi Per m ² (menit/m ²)
1	Dengan nilai terealistis (m)	2,835	29,89	10,543
2	Dengan nilai terealistis (m) + <i>buffer</i>	2,835	30,57	10,783

Untuk mendapatkan durasi per m² maka:

$$\text{Durasi per m}^2 = \frac{\text{Durasi}}{(\text{jumlah panel} \times \text{luas panel})}$$

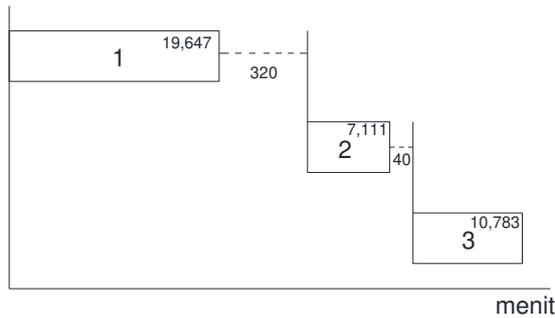
Hubungan Kegiatan pada Penjadwalan dengan Metode CCPM



Gambar 8. Time Scale Diagram 3 Tahapan Pekerjaan dengan durasi terealistis (m)

Total Durasi Pekerjaan = Tahap 1 + Slack + Tahap 2 + Slack + Tahap 3

Total Durasi Pekerjaan = 18,282 + 320 + 6,42 + 40 + 10,54 = 395,25 menit/m² = 6,58 jam/m²



Gambar 9. Time Scale Diagram 3 Tahapan Pekerjaan dengan durasi terealistis (m) + *buffer*

Total Durasi Pekerjaan = Tahap 1 + Slack + Tahap 2 + Slack + Tahap 3
 Total Durasi Pekerjaan = 19,647 + 320 + 7,11 + 40 + 10,783 = 397,54 menit/m² = 6,63 jam/m²

Produktivitas Pekerjaan Dinding Panel

Dari hasil pengamatan dan analisis data yang telah dilakukan dapat diperoleh produktivitas untuk pekerjaan dinding panel. Durasi yang digunakan untuk memperoleh nilai produktivitas adalah durasi per m² dari metode CCPM (*Critical Chain Project Management*).

$$\begin{aligned} \text{Durasi Total} &= \text{Durasi Tahapan 1} + 2 + 3 \\ &= 55,7 + 20,16 + 30,57 \\ &= 106,43 \text{ menit} = 1,774 \text{ jam} \end{aligned}$$

Untuk panel 3 dengan luasan 2,835 maka durasi per m² diperoleh:

$$\text{Durasi per m}^2 = \frac{1,774}{2,835} = 0,626$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai produktivitas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{1}{\text{Durasi}} = \frac{1}{0,626} \\ &= 1,598 \text{ m}^2/\text{jam} \\ &= 12,779 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

Dengan asumsi 1 hari adalah 8 jam kerja.

Probabilitas Pekerjaan Dinding Panel

Probabilitas pekerjaan pemasangan dinding panel dapat dihitung dengan mencari nilai z. Nilai TE yang digunakan adalah nilai durasi (menit) dari metode PERT sedangkan nilai Td adalah nilai durasi (menit) dari metode CCPM yaitu durasi terealistis (m) dan durasi terealistis (m) + *buffer*. Nilai TE, Td, dan S yang digunakan adalah nilai durasi panel 3 yang hanya melalui lintasan kritis, oleh karena itu nilai durasi untuk pekerjaan pemasangan perkuatan tidak termasuk.

a. Probabilitas dengan Durasi Terealistis (m)

Berikut nilai durasi terealistis (m) yang didapatkan dari metode PERT dan CCPM:

Tabel 13. Durasi Terealistis (m) Pekerjaan Dinding Panel Metode CCPM (Menit)

Tahapan	Jenis Pekerjaan	TE	Td	V(Te)
1	Pemasangan Besi Stek s/d Plesteran Tahap 1	51,79	51,83	1,54
2	Persiapan Plesteran Tahap 2	18,859	18,21	0,42
3	Plesteran Tahap 2	30,117	29,89	0,05
Total		100,766	99,93	1,68

Setelah didapatkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan (TE) dan total target waktu penyelesaian proyek (Td) maka dapat diperoleh kemungkinan untuk mencapai target pekerjaan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Scr = \sqrt{\sum V \text{ pada lintasan kritis}}$$

$$Scr = \sqrt{1,68} = 1,296$$

$$z = \frac{T(d) - TE}{Scr} = \frac{99,93 - 100,766}{1,296} = -0,645$$

Untuk mendapatkan nilai probabilitas, nilai z = -0,645 dicari dalam tabel distribusi z. Pada tabel, nilai z = -0,645 menunjukkan angka probabilitas sebesar 0,2578. Maka probabilitas untuk pekerjaan dinding panel adalah:

$$\begin{aligned} \text{Probabilitas} &= 0,2578 \\ &= 0,2578 \times 100\% = 25,78\% \end{aligned}$$

Dikarenakan nilai TE lebih besar dari nilai Td, maka nilai z tidak perlu ditambahkan dengan 0,5. Oleh karena itu probabilitas dari waktu yang diharapkan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan total target waktu penyelesaian proyek adalah sebesar 25,78%.

b. Probabilitas dengan Durasi Terealistis (m) + Buffer

Berikut nilai durasi terealistis (m) + *buffer* yang didapatkan dari metode PERT dan CCPM:

Tabel 14. Durasi Terealistis (m) + *buffer* Pekerjaan Dinding Panel Metode CCPM (Menit)

Tahapan	Jenis Pekerjaan	TE	Td	V(Te)
1	Pemasangan Besi Stek sampai Plesteran Tahap 1	51,79	55,7	1,21
2	Persiapan Plesteran Tahap 2	18,859	20,16	0,42
3	Plesteran Tahap 2	30,117	30,57	0,05
Total		100,766	106,43	1,68

Setelah didapatkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan (TE) dan total target waktu penyelesaian proyek (Td) maka dapat diperoleh kemungkinan untuk mencapai target pekerjaan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Scr = \sqrt{\sum V \text{ pada lintasan kritis}}$$

$$Scr = \sqrt{1,68} = 1,296$$

$$z = \frac{T(d) - TE}{Scr} = \frac{106,43 - 100,76}{1,296} = 3,547$$

Untuk mendapatkan nilai probabilitas, nilai $z = 3,547$ dicari dalam tabel distribusi z . Pada tabel, nilai $z = 3,547$ menunjukkan angka probabilitas sebesar 0,4998. Maka probabilitas untuk pekerjaan dinding panel adalah:

$$\begin{aligned} \text{Probabilitas} &= 0,4998 + 0,5 \\ &= 0,9998 \times 100\% = 99,98\% \end{aligned}$$

Dikarenakan nilai T_d lebih besar dari nilai TE , maka nilai z perlu ditambahkan dengan 0,5. Oleh karena itu probabilitas dari waktu yang diharapkan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan total target waktu penyelesaian proyek adalah sebesar 99,98%.

PENUTUP

KESIMPULAN

Dari hasil analisis pengamatan dapat diambil kesimpulan mengenai pekerjaan pemasangan dinding panel sebagai berikut:

- Durasi pelaksanaan yang dibutuhkan pada pekerjaan dinding panel ditinjau dari metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) adalah sebagai berikut:
 - Pemasangan besi Stek s/d plesteran tahap 1 adalah 0,292 jam/m².
 - Persiapan plesteran tahap 2 adalah 0,112 jam/m².
 - Plesteran tahap 2 adalah 0,177 jam/m².
- Total durasi dari penjadwalan pekerjaan dinding panel menggunakan metode PERT dengan menambahkan waktu tunggu sebesar 360 menit untuk plesteran tahap 2 adalah 6,598 jam/m².
- Total durasi dari penjadwalan pekerjaan dinding panel menggunakan metode CCPM (*Critical Chain Project Management*) dengan menambahkan waktu tunggu sebesar 360 menit untuk plesteran tahap 2 adalah sebagai berikut:
 - Dengan menggunakan durasi terealistis (m) adalah 6,587 jam/m²
 - Dengan menggunakan durasi terealistis (m) + *buffer* adalah 6,625 jam/m²

Nilai total *buffer* adalah 0,038 jam untuk keseluruhan pekerjaan dinding panel.
- Produktivitas pada pekerjaan dinding panel ditinjau dari durasi CCPM (*Critical Chain Project Management*) adalah 12,779 m²/hari
- Probabilitas dari total durasi yang menggunakan penjadwalan CCPM (*Critical*

Chain Project Management) adalah sebagai berikut:

- Dengan menggunakan durasi terealistis (m) adalah 25,78 %
- Dengan menggunakan durasi terealistis (m) + *buffer* adalah 99,98 %

SARAN

Setelah melakukan pengamatan di lapangan dan melihat analisis data, ada beberapa saran dari peneliti yaitu:

- Disarankan bagi kontraktor yang membutuhkan pekerjaan yang cepat dapat menggunakan material Panel sebagai alternatif material konvensional, karena material Panel memiliki produktivitas yang tinggi.
- Untuk peneliti selanjutnya dapat meneliti durasi pekerjaan dinding Panel dengan tahapan-tahapan yang berbeda sehingga akan didapatkan waktu yang berbeda pula sehingga dapat menjadi pembanding
- Untuk peneliti selanjutnya dapat meneliti semua jenis dinding Panel karena penelitian ini hanya terdapat satu jenis dinding yang diteliti yaitu PSM 10.
- Untuk kedepannya jika ada yang akan melakukan penelitian lebih lanjut tentang penjadwalan material Panel mungkin dapat menggunakan metode yang berbeda seperti CPM.

DAFTAR PUSTAKA

- Clough, R. H. & Scars, G. A. (1991). *Construction Project Management*. Canada: John Willey & Sons Inc.
- Ervianto, W. I. (2008). Pengukuran Produktivitas Kelompok Pekerja Bangunan dalam Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Gedung Bertingkat di Surakarta). *Jurnal Teknik Sipil*. IX (1): 31-42.
- Frick, H. & Setiawan, P. L. (2001). *Ilmu Konstruksi Bangunan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gaspersz, V. (1998). *Production Planning and Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT menuju Manufacturing 21*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Goldratt, E. M. (1997). *Critical Chain*. Massachusetts: North River Press.
- Hayun, A. (2005). Perencanaan dan Pengendalian Proyek dengan Metode Pert-CPM: Studi Kasus Fly Over Ahmad Yani, Karawang. *Journal The Winners*. VI (2): 155-174.
- Heizer, J. & Render, B. (2005). *Operations Management*. New Jersey: Prentice Hall.

- Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G.D. & Harris, F. C. (1997). Factor Influencing Craftmen's Productivity in Indonesia. *International Journal of Project Management*. XV (1): 21-30
- Kasidi, D. (2008). Penerapan Metode Critichal Chain Project Management pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Sudirman Tower). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Depok: Universitas Indonesia.
- Kerzner, H. R. (2006). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Leach, L. P. (1999). *Critical Chain Project Management*. Massachusetts: Artech House, Inc.
- Levin, R. & Kirkpatrick, C. (1966). *Planning and Control with PERT-CPM*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Levy, S. M. (2002). *Project Management in Construction*. Chicago: McGraw-Hill Professional.
- Ningrum, D. N. K. (2014). Analisa Perbandingan Produktivitas Pemasangan Dinding M-PANEL dan Dinding Konvensional Batu Bata (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Ruko Modern Arcade di Tangerang. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- PT. Modern Panel Indonesia. (2017) *Booklet M-Panel*.
- Raz, T., Barnes, R. & Dvir, D. (2001). A Critical Look at Critical Chain Project Management. *Project Management Journal*, XXXIV (4): 173-177.
- Sahupala, J. (2010). Implementasi Critical Chain Project Management untuk Meningkatkan Kinerja Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmu Ekonomi*. I (1): 44-47.
- Schexnayder, C.J & Mayo, R. (2003) *Construction Management Fundamentals*. Chicago: McGraw-Hill Professional.
- Setianingrum, G. (2011). Analisis Dan Simulasi Percepatan Aktivitas PERT (Program Evaluation and Review Technique). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sinungan, M. (2003), *Produktivitas apa dan Bagaimana*. Jakarta: Bumi Askara.
- Siswanto. (2007). *Operations Research jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Supranto, J., (2008). *Statistika Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Terry, G. R. (1968). *Principles of Management*. Illinois: Richard D. Erwin.
- Thomas, H.R. & Kramer, D. F. (1988). *The Manual of Construction Productivity Measurement and Performance Evaluation*. Austin, TX: Construction Industry Institute.
- Umar, H. (1998). *Riset Sumber Daya Manusia Organisasi*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Zultner, R. E. (2003). Getting Project Out of Your System: A Critical Chain Primer. *The Journal of Information Technology Management*. XVI (3): 10-18.