

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

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**PRISKA IKA OKTAVIANA
NIM. 135060101111065**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS DURASI PEKERJAAN TANGGA PANEL BERDASARKAN METODE
PERT DAN CCPM**

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

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



PRISKA IKA OKTAVIANA

NIM. 135060101111065

Naskah Publikasi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 31 Juli 2017

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Saifoe El Unas, ST., MT.
NIP. 19681219 200003 1 001

Rahayu K., ST., MT., M.Sc.
NIP. 201304 880705 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr.Eng. Indradi Wijatmiko, ST., MT., M.Eng.(Pract.)
NIP. 19810220 200604 1 002

**ANALISIS DURASI PEKERJAAN TANGGA PANEL BERDASARKAN
METODE PERT DAN CCPM**

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

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

Priska Ika Oktaviana, Saifoe El Unas, ST., MT, Rahayu Kusumaningrum, ST., MT., M.Sc
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT.Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia
Email: priskaoctav@gmail.com

ABSTRAK

Teknologi dan inovasi di bidang konstruksi saat ini mulai berkembang, salah satunya yaitu dengan menggunakan bahan utama EPS (*Extended PolyStrene*) dan rangka kawat baja (*wiremesh*) sebagai pengganti material untuk tangga konvensional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui total durasi pengerjaan tangga panel dengan menggunakan metode PERT dan CCPM beserta produktivitasnya, dan juga untuk mengetahui probabilitas total durasi dari penjadwalan dengan metode CCPM. Data yang digunakan untuk analisis pada penelitian ini diperoleh dengan mengamati secara langsung pekerjaan dilapangan. Pekerjaan yang diamati adalah pekerjaan pemasangan tangga dimulai dari awal pekerjaan yaitu pengukuran elevasi sampai akhir pekerjaan yaitu *exposed/plester* ACI.

Hasil perhitungan dan analisis data didapatkan total durasi untuk pekerjaan tangga panel menggunakan metode PERT selama 11,6398 unit/hari, dan dari perhitungan menggunakan metode CCPM untuk durasi buffer selama 11,9645 unit/hari, sedangkan perhitungan menggunakan metode CCPM untuk durasi normal selama 11,7644 unit/hari. Hasil perhitungan produktivitas pekerjaan tangga panel didapatkan: pekerjaan tahap I sebesar 12,2886 unit/hari, pekerjaan tahap II sebesar 36,4288 unit/hari, dan pekerjaan tahap III sebesar 9,0207 unit/hari. Untuk nilai probabilitas total durasi dari penjadwalan CCPM menggunakan durasi buffer sebesar 99,53%, sedangkan nilai probabilitas total durasi dari dari penjadwalan CCPM menggunakan durasi normal sebesar 83,89%.

Kata Kunci : EPS, panel, tangga, CCPM, PERT, durasi, *buffer*, produktivitas, probabilitas.

ABSTRACT

The technology and innovation in construction has now developed, one of it is the use of EPS (Extended PolyStrene) and wiremesh as the substitute for conventional stairs material. The aim of this research was to find out the total duration of panel stairs construction by using PERT and CCPM method, also to discover the productivity and the probability of total duration by the CCPM method. The data used for this analysis were obtained through direct observation on field. The activities being observed was the stairs installation process since the beginning of the construction that is elevation measurement to the end that is exposed/plastered ACI.

From the calculation and analysis of the data, it was found that the total duration for panel stairs construction using PERT method was 11,6398 unit/day, and from the calculation using CCPM for buffering duration was 11,9645 unit/day, while the calculation using CCPM method for normal duration for 11,7644 unit/day. From the productivity calculation of panel stairs construction, it was acquired that: stage I construction was 12,2886 unit/day, stage II was 36,4288 unit/day, and stage III was 9,0207 units/day. The probability value of total duration by CCPM method using buffer duration of 99,53%, while the probability of total duration by CCPM scheduling using normal duration of 83,39%.

Keyword : EPS, panel, stairs, CCPM, PERT, duration, *buffer*, productivity, probability.

Latar Belakang

Pertumbuhan industri konstruksi berjalan seiring dengan perkembangan zaman. Di Indonesia saat ini telah dikembangkan teknologi baru yang dapat membuat proses pembangunan lebih cepat dan dengan kualitas bangunan yang baik. Salah satu teknologi baru itu adalah dengan bahan utama EPS (*Extended PolyStrene*) dan rangka kawat baja (*wiremesh*). Material bangunan ini disebut sebagai "Panel Bangunan", dan salah satu perusahaan yang memproduksi panel yaitu PT. Modern Panel Indonesia (M-Panel). Panel bisa berfungsi sebagai pengganti material untuk rangka atap, dinding, lantai, tangga, dan lain sebagainya.

Tangga merupakan suatu konstruksi bangunan yang menghubungkan antara lantai atas dengan lantai bawah (dua pelat lantai yang tingginya berbeda). Sebuah tangga terdiri dari rangkaian anak tangga dan yang diputuskan oleh bordes.

Penelitian ini akan mengkaji bagaimana perhitungan penjadwalan pada pembangunan ruko The Boulevard, Cakung, Jakarta Timur dengan meninjau pekerjaan pemasangan tangga lantai 2 menggunakan material M-Panel, dengan menggunakan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dan CCPM (*Critical Chain Project Management*).

Material Tangga M-Panel

M-Panel adalah sistem bangunan panel beton bertulang berinsulasi lapisan EPS (*Extended PolyStrene*). Pada material M-Panel terdapat sistem panel-panel modular siap pakai untuk pemasangan yang lebih cepat. Jenis panel yang digunakan untuk tangga adalah *stair panel*. *Stair panel* merupakan tangga panel yang dapat didesain sesuai ukuran dan ketinggian lantai. Penyaluran beban terdapat pada lubang balokan dibawah step tangga yang diisi dengan tulangan besi baja 4 lonjor dan di cor beton K300, berikut merupakan spesifikasi detail dari panel *staircase* M-Panel:

- a. Ukuran lubang balokan = 11 x 12,5 cm
- b. Tulangan besi untuk balok = 1 ϕ 10 mm sisi atas dan sisi bawah 2 ϕ 10 mm
- c. Jaring kawat baja yang digunakan
 - *Longitudinal steel wire* : ϕ 2,5 mm
 - *Transversal steel wire* : ϕ 2.5 mm
 - *Steel connection wire* : ϕ 3 mm
- d. *Styrofoam blok*:
 - *Density* 15 kg/m³
 - Tebal 0,4-2 m

Selain *stair panel* pada konstruksi tangga panel juga ditambahkan *Angular Mesh* (RG1) yang merupakan *wiremesh* yang berbentuk siku yang digunakan untuk penguat dibagian sudut tangga, yang memiliki panjang 124 cm/pcs.

Produktivitas Tenaga Kerja

Dalam suatu proyek konstruksi, pengertian produktivitas tenaga kerja biasanya dihubungkan dengan produktivitas pekerja yang dapat dijabarkan sebagai perbandingan antara hasil kerja dan jam kerja. Produktivitas merupakan rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan.

Distribusi Frekuensi

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menyusun distribusi frekuensi adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jangkauan, ialah data terbesar dikurangi data terkecil.
2. Menentukan banyaknya kelas interval.
 $k = 1 + (3,3) \log n$
di mana :
 k = banyaknya kelas
 n = jumlah data
3. Menentukan panjang kelas interval p , digunakan aturan:
 $I = R/k$
di mana :
 R = range atau kisaran
 k = banyaknya selang kelas
4. Menentukan batas bawah kelas interval pertama.
5. Melakukan penturusan atau tabulasi, memasukkan nilai ke dalam interval kelas.

Setelah data disusun dalam daftar distribusi frekuensi, maka selanjutnya diolah menjadi histogram, sumbu horisontal menyatakan kelas interval, dan sumbu vertikal menyatakan frekuensi, baik absolute maupun relatif.

PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)

PERT atau *Project Evaluation and Review Technique* adalah sebuah model *Management Science* untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek (Siswanto, 2007). Metode PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek.

Perhitungan PERT yang mempunyai asumsi dasar bahwa jika suatu kegiatan dilakukan berkali-kali, maka *actual time* (waktu nyata untuk menyelesaikan kegiatan itu) akan membentuk distribusi frekuensi Beta dimana *optimistic* dan *pessimistic duration* merupakan buntut (*tail*), sedangkan *most likely duration* adalah mode dari distribusi Beta tersebut. Selanjutnya diasumsikan bahwa suatu pendekatan dari durasi rata-rata yang disebut *expected duration* (T_e).

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

Dimana:

- a = Waktu dugaan optimis (*optimistic duration*)
 m = Waktu dugaan paling mungkin (*most likely duration*)
 b = Waktu dugaan pesimis (*pessimistic duration*)

Deviasi standar kegiatan:

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

Dimana: S = deviasi standar kegiatan
 variasi kegiatan dirumuskan:

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

Dimana: V (te) = varian kegiatan

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

$$Z = \frac{T(d) - TE}{S}$$

Dimana:

- z = angka kemungkinan mencapai target
 T(d) = target jadwal
 TE = jumlah waktu kegiatan kritis

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

CCPM (Critical Chain Project Management)

CCPM merupakan metode penjadwalan dan pengendalian proyek yang dalam perencanaannya menghilangkan *multitasking*, dan memindahkan durasi pengaman pada masing-masing kegiatan dalam bentuk *buffer* di akhir proyek. Kemudian jalur kritis atau *Critical Path* baru dihitung.

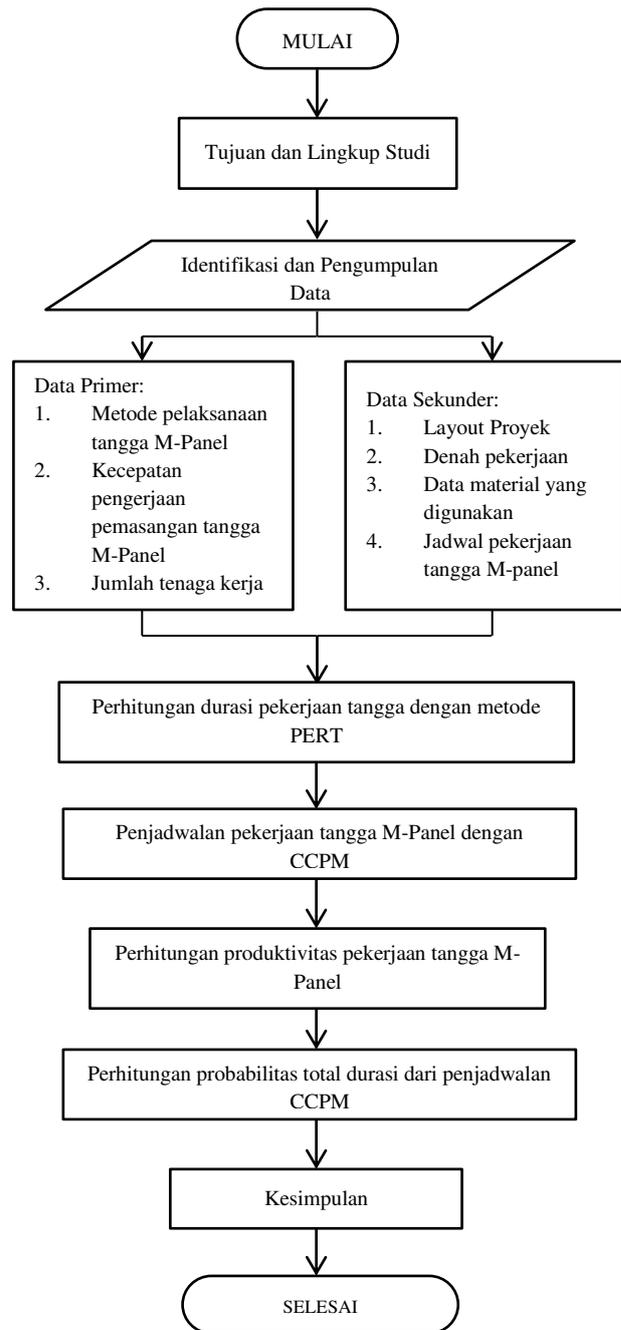
CCPM tidak semata-mata melakukan penjadwalan tetapi juga melakukan pendekatan manajemen. Semua ini bisa ditempuh dengan cara menghilangkan *multitasking*, *student syndrome*, *parkinson's law* serta memberi *buffer* di waktu akhir proyek.

Dengan *buffer management* akan terlihat suatu proyek telah menggunakan *buffer* yang tersedia dan pada aktivitas mana yang menggunakan *buffer* tersebut serta dapat menentukan apakah perlu tindakan perbaikan (Laksamana, 2011).

Didalam metode CCPM, *buffer* ditambahkan pada durasi yang digunakan pada penjadwalan proyek untuk melindungi *critical chain* bagi suksesnya proyek.

Jenis Metode Penelitian

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif yaitu penelitian yang bukan bersifat eksperimen dan dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi berupa data primer mengenai status suatu permasalahan yang ada.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini membutuhkan berbagai macam data dan masukan untuk dianalisis lebih lanjut. Data-data tersebut dibedakan menjadi dua macam, yaitu data primer dan data sekunder.

Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan/diperoleh secara langsung dari objeknya. Data diperoleh dari menghitung secara langsung kecepatan pengerjaan pemasangan tangga yang dilakukan di lapangan, pengamatan metode pelaksanaan, menghitung durasi yang dibutuhkan, dan

mencatat secara langsung jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk melakukan pemasangan tangga.

Data Sekunder

Data yang diperoleh berupa layout proyek, denah pekerjaan, data material yang digunakan, dan jadwal pekerjaan dinding.

Gambaran Umum Proyek

Proyek pembangunan Ruko The Boulevard merupakan proyek milik perusahaan pengembang PT, Modernland Reality, Tbk yang di bangun di kawasan Kota Modern Jakarta Garden City. Ruko The Boulevard terdiri dari 3 lantai, namun dalam pengamatan ini hanya mengamati pekerjaan tangga pada lantai 2.

Data Umum Proyek

Adapun data-data umum pada objek penelitian, yaitu:

- Nama Proyek : Ruko The Boulevard (57 Unit 3 Lantai)
- Lokasi Proyek : Kota Modern Jakarta Garden City, Jakarta Timur
- Owner : PT. Modernland Reality, Tbk
- Kontraktor Utama : PT. Mitra Griya Persada Nusantara

Pekerjaan Pemasangan Tangga M-Panel

Pada proyek ini pekerjaan yang diamati adalah pemasangan tangga panel pada lantai 2 dan jumlah tangga yang diamati adalah 7 tangga, untuk 1 unit tangga yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan memiliki spesifikasi:

- Tangga panel terdiri dari 15 anak tangga dengan lebar 97,5 cm, panjang 30 cm, dan tinggi 16,67 cm.
- Tangga konvensional terdiri dari 6 anak tangga, dimana 4 anak tangga berbentuk persegi panjang memiliki lebar 97,5 cm, panjang 30 cm, dan tinggi 16,67 cm, sedangkan 2 anak tangga berbentuk segitiga memiliki lebar 97,5 cm, panjang 97,5 cm, dan tinggi 16,67 cm.

Bahan dan Alat Pemasangan

- M-Panel (*Stair Panel*)
- *Angular*
- Gunting besi
- Tang
- Gergaji besi
- Gergaji kayu
- Waterpass
- Meteran
- Kawat bendrat
- Paku
- Palu

- Linggis
- Benang lot
- Tulangan $\varnothing 8$ dan Tulangan D13

Langkah Kerja Pemasangan Tangga M-Panel

Dari pengamatan dilapangan untuk pekerjaan tangga maka didapatkan tahapan-tahapan pekerjaan untuk memasang tangga yang kemudian dikelompokkan menjadi tiga tahapan seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tahapan pekerjaan

No.	Jenis Pekerjaan	Kode Aktifitas	Successor	Tahap
1.	Pengukuran Elevasi	A	B	
2.	Perakitan Bekisting	B	C,D	
3.	Perakitan Tulangan Balok	C	E	I
4.	Perakitan Tulangan Tangga Konvensional	D	E	
5.	Pemasangan Panel	E	F	
6.	Persiapan Pengecoran	F	G	II
7.	Pengecoran	G	H FS + 7 Hari	
8.	Pembongkaran Bekisting	H	I	
9.	Pemasangan Angular	I	J	III
10.	Exposed/Plester ACI	J	-	

Dari pekerjaan pengukuran elevasi sampai pekerjaan pemasangan panel yang merupakan pekerjaan tahap I dikerjakan secara berurutan. Setelah pekerjaan tahap I selesai dikerjakan, kemudian dilanjutkan ke pekerjaan tahap II yaitu pekerjaan persiapan pengecoran dan pekerjaan pengecoran, dimana pada pekerjaan pengecoran beton yang digunakan merupakan beton *ready mix* sehingga pengecoran dilakukan secara serentak. Setelah pekerjaan tahap II selesai dikerjakan dibutuhkan waktu tunggu selama 7 hari untuk menunggu betonnya mengering, kemudian dilanjutkan ke pekerjaan tahap III yaitu pekerjaan pembongkaran bekisting sampai dengan pekerjaan *Exposed/Plester ACI*.

Analisis Waktu Dan Distribusi Frekuensi

Berikut merupakan contoh perhitungan analisa waktu menggunakan tabel *daily record sheet* dan perhitungan distribusi frekuensi pada pekerjaan pengukuran elevasi:

1. Analisis waktu

Tabel *daily record sheet* memaparkan hasil pengamatan pada pekerjaan pengukuran elevasi sebanyak 7 pengamatan, dengan 1 hari kerja selama 8 jam dan perkiraan waktu 1 jam selama 40 menit.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Pengukuran Elevasi Menggunakan *Daily Record Sheet*.

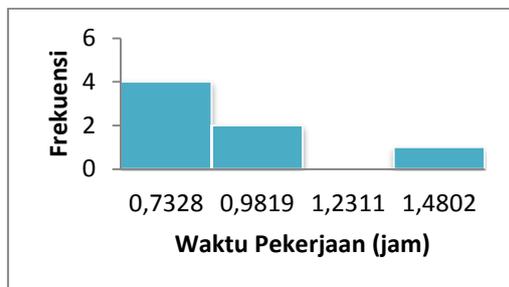
No	Unit	Waktu Pekerjaan		Jumlah Pekerja		Ket.
		Total	Jam	Tukang	Pekerja Kasar	
1	1	25:01	0,6253	1		
2	1	36:18	0,9045	1		
3	1	31:46	0,7865	1		
4	1	40:09	1,0023	1		
5	1	24:33	0,6083	1		
6	1	31:58	0,7895	1		
7	1	1:04:19	1,6048	1		

2. Distribusi Frekuensi

Dari tabel 2 didapatkan waktu pekerjaan dalam jam, kemudian hasil tersebut disusun dalam tabel distribusi frekuensi dan ditampilkan dalam bentuk histogram.

Tabel 3. Distribusi Frekuensi pada Pekerjaan Pengukuran Elevasi

Kelas Ke-	Interval kelas (jam)	Nilai Tengah (Jam)	Frekuensi
1	0,6083 - 0,8574	0,7328	4
2	0,8574 - 1,1065	0,9819	2
3	1,1065 - 1,3556	1,2311	0
4	1,3556 - 1,6048	1,4802	1
Jumlah			7



Gambar 2. Pekerjaan Pengukuran Elevasi

Dari tabel 3. dapat diketahui waktu tercepat (a), terlama (b), dan yang sering muncul (m) sebagai berikut:

- Waktu tercepat (Optimis)
 $= (0,6083+0,8574)/2 = 0,7328$ jam
- Waktu terlama (Pesimis)
 $= (1,3556-1,6048)/2 = 1,4802$ jam
- Waktu yang sering muncul (Realistis)
 $= (0,6083+0,8574)/2 = 0,7328$ jam

Tabel 4. Rekapitulasi waktu tercepat (a), terlama (b), dan yang sering muncul (m) (jam)

No	Jenis Pekerjaan	a	b	m
1.	Perakitan Tulangan Balok	9,671	11,071	11,071
2.	Pengukuran Elevasi	0,733	1,480	0,733
3.	Perakitan Bekisting	9,556	11,229	10,672

No	Jenis Pekerjaan	a	b	m
4.	Pemasangan Panel	3,068	4,148	4,148
5.	Perakitan Tulangan Tangga Konvensional	1,647	2,790	1,647
6.	Persiapan Pengecoran	0,176	0,269	0,238
7.	Pengecoran	1,335	1,777	1,482
8.	Pembongkaran Bekisting	1,794	3,364	1,794
9.	Pemasangan <i>Angular</i>	1,214	1,427	1,427
10.	<i>Exposed/Plester</i> ACI	20,287	25,450	25,450

PERT (Project Evaluation and Review Technique)

Pekerjaan tangga yang digunakan untuk perhitungan durasi menggunakan metode PERT yaitu untuk setiap 1 unit tangga panel, dengan 1 hari kerja selama 8 jam dan perkiraan waktu 1 jam selama 40 menit. Dalam menentukan durasi dengan menggunakan metode PERT dibutuhkan perkiraan waktu optimis (a), pesimis (b) dan Realistis (m) yang telah dihitung sebelumnya. Tahap selanjutnya adalah menghitung waktu yang diharapkan *expected duration time* (Te), variansi (V), dan standar deviasi (S).

Tabel 5. Perhitungan Te, V, dan S (jam)

No.	Jenis Pekerjaan	S	V	Te
1.	Pengukuran Elevasi	0,125	0,016	0,857
2.	Perakitan Bekisting	0,279	0,078	10,579
3.	Perakitan Tulangan Balok	0,233	0,054	10,838
4.	Perakitan Tulangan Tangga Konvensional	0,191	0,036	1,838
5.	Pemasangan Panel	0,180	0,032	3,968
6.	Persiapan Pengecoran	0,015	0,000	0,233
7.	Pengecoran	0,074	0,005	1,507
8.	Pembongkaran Bekisting	0,262	0,068	2,056
9.	Pemasangan <i>Angular</i>	0,036	0,001	1,392
10.	<i>Exposed/Plester</i> ACI	0,861	0,740	24,589
Total		2,064	0,996	56,018

Berikut merupakan contoh perhitungan pada pekerjaan pengukuran elevasi:

- Standard Deviation*
 $S = 1/6 (b - a) = 1/6 (1,480 - 0,733) = 0,125$
- Varians*
 $V (te) = S^2 = 0,125^2 = 0,016$
- Expectation Duration Time*
 $Te = (a+4m+b)/6$
 $Te = (0,733+4 \times 0,733+1,480)/6 = 0,857$ jam

Dari tabel 5 didapatkan durasi total untuk pengerjaan tangga panel pada semua tahap sesuai dengan lintasan kritisnya dengan menggunakan metode PERT, pada tahap II ke tahap III membutuhkan waktu tunggu selama 37,1 jam, maka total durasi (TE) pemasangan tangga panel sesuai

dengan lintasan kritisnya setelah ditambahkan dengan waktu tunggu adalah:

$$\begin{aligned} \text{Total durasi (TE)} &= 56,018 + 37,1 \\ &= 93,1184 \text{ jam} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan waktu pengerjaan untuk 1 unit tangga panel pada semua tahap dengan menggunakan metode PERT selama 11,6398 hari/unit.

CCPM (Critical Chain Project Management)

Pekerjaan tangga yang digunakan untuk perhitungan durasi menggunakan metode CCPM yaitu untuk setiap 1 unit tangga panel, dengan 1 hari kerja selama 8 jam dan perkiraan waktu 1 jam selama 40 menit.

Tabel 6. Durasi *Buffer* Pemasangan Tangga Panel (jam)

No	Tahapan Pekerjaan	Buffer (jam)	Durasi (jam)
1.	Pengukuran Elevasi	0,374	1,107
2.	Perakitan Bekisting	0,279	10,951
3.	Perakitan Tulangan Balok	0,000	11,071
4.	Perakitan Tulangan Tangga Konvensional	0,572	2,219
5.	Pemasangan Panel	0,000	4,148
6.	Persiapan Pengecoran	0,015	0,254
7.	Pengecoran	0,148	1,630
8.	Pembongkaran Bekisting	0,785	2,579
9.	Pemasangan Angular	0,000	1,427
10.	Exposed/Plester ACI	0,000	25,450
Total		1,601	58,616

Buffer merupakan durasi pengaman nilai *buffer* diperoleh dari perhitungan menggunakan waktu pesimis (b) dan waktu realistik (m). Berikut merupakan contoh perhitungan untuk pekerjaan pengukuran elevasi:

$$\begin{aligned} \text{Buffer} &= ((\text{Nilai pesimis}-\text{Nilai realistik})/2) \\ &= ((1,4802-0,7328)/2) = 0,374 \text{ jam} \\ \text{Durasi Buffer} &= \text{Nilai Realistik} + \text{Buffer} \\ &= 0,7328 + 0,374 = 1,1065 \text{ jam} \end{aligned}$$

Total Durasi *Buffer* Menggunakan Metode CCPM

Dari tabel 6 didapatkan total durasi *buffer* untuk pengerjaan tangga panel pada semua tahap sesuai dengan lintasan kritisnya, maka total durasi *buffer* pemasangan tangga panel untuk 1 unit tangga sesuai dengan jalur kritisnya setelah ditambahkan dengan waktu tunggu adalah:

$$\begin{aligned} \text{Total durasi normal} &= 58,6159 + 37,1 \\ &= 95,7159 \text{ jam/unit} \end{aligned}$$

Total Durasi Normal Menggunakan Metode CCPM

Total durasi normal didapatkan dari perhitungan nilai realistik (m) sesuai dengan jalur lintasan kritisnya

Tabel 7. Total Durasi Normal Pemasangan Tangga Panel (jam)

No	Tahapan Pekerjaan	m
1	Tahap I	26,6237
2	Tahap II	1,7203
3	Tahap III	28,6711
Total		57,0152

Total durasi normal pemasangan tangga panel untuk 1 unit tangga sesuai dengan jalur kritisnya setelah ditambahkan dengan waktu tunggu adalah:

$$\begin{aligned} \text{Total durasi normal} &= 57,0152 + 37,1 \\ &= 94,1152 \text{ jam/unit} \end{aligned}$$

Produktivitas Pemasangan Tangga Panel

Hasil dari perhitungan menggunakan metode CCPM didapatkan total durasi T(d) selama 95,7159 jam atau sama dengan 11,9645 hari termasuk dengan waktu tunggu, sehingga dapat digunakan untuk perhitungan produktivitas sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{\text{unit}}{\text{Waktu Pekerjaan}} \\ &= \frac{1}{11,9645} = 0,0836 \text{ unit/hari} \end{aligned}$$

Probabilitas Total Durasi dari Penjadwalan CCPM

Dari perhitungan penjadwalan untuk pekerjaan tangga menggunakan metode CCPM dan PERT maka didapatkan durasi untuk masing-masing pekerjaan yang dikelompokkan menjadi tiga tahapan, kemudian didapatkan total waktu yang diharapkan untuk menyelesaikan pekerjaan (TE), total target waktu penyelesaian proyek T(d), dan *Varsians* (V).

Probabilitas Total Durasi *Buffer*

Tabel 8. Rekapitulasi Durasi *Buffer* Pemasangan Tangga Panel

No	Tahapan Pekerjaan	Te	T(d)	V
1	Tahap I	26,2419	27,2763	0,1802
2	Tahap II	1,7398	1,8833	0,0057
3	Tahap III	28,0368	29,4563	0,8102
Total		56,0184	58,6159	0,9961

Kemungkinan/probabilitas waktu penyelesaian pekerjaan dengan cara menggunakan rumus *normal-Z-value* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Scr} &= \sqrt{\sum V \text{ pada jalur kritis}} \\ &= \sqrt{0,9961} = 0,99804 \end{aligned}$$

$$Z = \frac{T(d) - TE}{\frac{Scr}{0,99804}} = \frac{58,6159 - 56,0184}{0,99804} = 2,6026$$

Dengan menggunakan tabel *normal-Z-value* didapatkan nilai probabilitas untuk total durasi *buffer* pekerjaan pemasangan tangga panel sebesar 0,3389 maka probabilitasnya adalah:

$$P(TE \leq T(d)) = (0,4953 + 0,5) \times 100 \% = 99,53\%$$

Sehingga didapatkan probabilitas sebesar 99,53% untuk total durasi *buffer* pemasangan tangga panel selama 11,9645 hari termasuk dengan waktu tungguanya.

Probabilitas Total Durasi Normal

Tabel 9. Rekapitulasi Durasi Normal Pemasangan Tangga Panel

No	Tahapan Pekerjaan	Te	T(d)	V
1	Tahap I	26,2419	26,6237	0,1802
2	Tahap II	1,7398	1,7203	0,0057
3	Tahap III	28,0368	28,6711	0,8102
	Total	56,0184	57,0152	0,9961

Kemungkinan/probabilitas waktu penyelesaian pekerjaan dengan cara menggunakan rumus *normal-Z-value* sebagai berikut:

$$Scr = \sqrt{\sum V \text{ pada jalur kritis}} = \sqrt{0,9961} = 0,99804$$

$$Z = \frac{T(d) - TE}{\frac{Scr}{0,99804}} = \frac{57,0152 - 56,0184}{0,99804} = 0,9988$$

Dengan menggunakan tabel *normal-Z-value* didapatkan nilai probabilitas untuk total durasi normal pekerjaan pemasangan tangga panel sebesar 0,3389 maka probabilitasnya adalah:

$$P(TE \leq T(d)) = (0,3389 + 0,5) \times 100 \% = 83,89\%$$

Sehingga didapatkan nilai probabilitas sebesar 83,89% untuk total durasi normal pemasangan tangga panel selama 11,7644 hari termasuk dengan waktu tungguanya.

Kesimpulan

Maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Durasi dari tahap-tahap pelaksanaan tangga M-Panel, dengan memperhitungkan waktu optimis, realistis, dan pesimis adalah sebagai berikut: tahap I selama 26,242 jam, tahap II selama 1,740 jam, dan tahap III selama 28,037 jam.
2. Total durasi penjadwalan pekerjaan tangga panel dengan menggunakan metode PERT sesuai dengan jalur lintasan kritisnya yaitu selama 93,1184 jam.

3. Dengan menggunakan metode CCPM untuk penjadwalan pekerjaan tangga panel sesuai dengan jalur lintasan kritisnya didapatkan total durasi *buffer* selama 95,7159 jam dan total durasi normal selama 94,1152 jam.
4. Dari hasil perhitungan menggunakan metode CCPM didapatkan total durasi T(d) selama 95,7159 jam atau sama dengan 11,9645 hari, sehingga dapat diketahui nilai produktivitas untuk pekerjaan 1 unit tangga panel sebesar 0,0836 unit/hari.
5. Probabilitas dari total durasi yang diharapkan untuk menyelesaikan pekerjaan terhadap total target durasi penyelesaian proyek didapatkan nilai probabilitas untuk durasi *buffer* sebesar 99,53% sedangkan untuk durasi normal sebesar 83,89%.

Saran

Setelah melakukan penelitian di lapangan dan melihat analisa data, ada beberapa saran dari peneliti yaitu sebagai berikut :

1. Bagi Kontraktor
Bagi Kontraktor , dalam pekerjaan pemasangan tangga dengan material M-Panel ini harus disesuaikan dengan kebutuhan proyek. Pada penelitian di proyek pembangunan ruko The Boulevard Jakarta Garden City ini kenapa memilih tangga dengan material M-Panel dikarenakan ownernya yaitu PT. Modernland Reality, Tbk sekaligus merupakan pemilik M-Panel, sehingga dengan menggunakan material M-Panel yang merupakan produksi sendiri akan membuat biaya pekerjaan lebih ekonomis.
2. Bagi peneliti selanjutnya
Bagi peneliti selanjutnya, dapat membandingkan pekerjaan tangga baik dari segi biaya maupun penjadwalannya menggunakan material M-Panel untuk seluruh tangga termasuk bordesnya juga dengan tangga konvensional sehingga akan didapatkan mana yang lebih ekonomis dan juga membutuhkan waktu yang lebih cepat menggunakan metode-metode yang lebih inovatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Clough, R. H. & Scars, G. A. (1991). Construction Project Management. Canada: John Willey & Sons Inc.
- Frick, Heinz & L. Setiawan, Pujo. (2001). Seri Konstruksi Arsitektur 4: Ilmu Konstruksi Struktur Bangunan. KANISIUS
- Gaspersz, V. (1998). Production Planning and Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT menuju Manufacturing 21. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- 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
- 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.
- 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.
- Kasidi, D. (2008). Penerapan Metode Critical Chain Project Management pada Penjadwalan
- Rozak, A. (2012). *Pengantar Statistika*. Malang: Intimedia.
- Soeharto, Imam. (1995). *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- 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.