

**ANALISIS BIAYA PEKERJAAN TANGGA PANEL
MENGUNAKAN METODE MONTE CARLO
(Studi Kasus: Proyek Ruko The Boulevard Jakarta Garden City)**

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



MALA

NIM. 135060101111067

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

ANALISIS BIAYA PEKERJAAN TANGGA PANEL MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO (STUDI KASUS: PROYEK RUKO THE BOULEVARD JAKARTA GARDEN CITY)

*Analysis of Panel Stair Construction Cost Using Monte Carlo Method
(Case Study: Shophouse Project of The Boulevard Jakarta Garden City)*

Mala, Rahayu Kusumaningrum, ST., MT., M.Sc., Saifoe El Unas, ST., MT.

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No. 167 Malang, 65145, Indonesia – Telp.: (0341) 567710, 587711
E-mail: malasari1703@gmail.com

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan teknologi turut mempengaruhi ranah konstruksi. Sehingga pada akhirnya muncul material terbaru yaitu panel. Namun material panel ini belum diatur dalam SNI, sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan pemasangan tangga panel, tidak hanya biaya langsung namun juga biaya tidak langsung, yaitu biaya *overhead* dan kontingensi. Dalam 1 panel tangga terdiri dari lebar 1,075 m, panjang 5,15 m', dan 15 anak tangga. Panel yang digunakan yaitu dari Mpanel, salah satu produk milik PT Modern Land.

Adapun penelitian dilakukan dengan mengamati waktu pengerjaan di lapangan untuk mengetahui produktivitas 1 unit tangga panel menggunakan *daily record sheet*. Diketahui bahwa efektivitas jam kerja yaitu 40 menit dalam 1 jam. Data-data tersebut dianalisis menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) dengan harga satuan yang didapat dari proyek untuk menghasilkan biaya langsung. Sedangkan biaya *overhead* diambil 15% dari biaya langsung tiap pekerjaan, 15% diambil berdasarkan contoh yang tertera pada Peraturan Menteri PUPR28-2016. Pada biaya kontingensi diambil tingkat resiko sebesar 11% berdasarkan asumsi proyek. Untuk mendapatkan nilai kontingensi menggunakan Monte Carlo maka digunakan *software @risk* dengan memasukkan data RAB maksimum, *most likely*, dan minimum dengan harga satuan yang didapat dari wawancara serta nilai iterasi kemudian akan diproses otomatis hingga mendapatkan persentil ke 89%. Setelah biaya langsung, biaya *overhead*, dan kontingensi diketahui maka didapatkan total biaya yang diperlukan untuk pengerjaan 1 unit tangga panel.

Hasil dari penelitian ini yaitu dapat diketahui biaya langsung untuk upah 1 unit tangga panel yaitu Rp 1.967.866, biaya langsung untuk material 1 unit tangga panel Rp 11.146.913, biaya langsung 1 unit tangga panel Rp 13.114.779, biaya tak langsung yaitu biaya *overhead* dan kontingensi untuk 1 unit tangga panel Rp 2.939.002, dan harga satuan yaitu total harga langsung dan tak langsung yang diperlukan untuk pekerjaan 1 unit tangga panel adalah Rp 16.053.800,36.

ABSTRACT

The rapid development of technology has affected the realm of construction. So that eventually invented a material that is panel. However, this panel material has not been regulated in SNI, so it needs further research. This research was conducted to find out the cost required to complete the installation of panel stairs, not only the direct costs but also the indirect costs, that is overhead and contingency costs. In 1 panel of stair consist 1,075 m width, 5.15 m ' length, and also consist of 15 steps. The panel used is Mpanel, one of PT Modern Land's products.

The objective of this is observing the time work in the field to know the productivity of 1 unit panel using daily record sheet. It was known that the effectiveness working hour is 40 minutes in 1 hour. The data were analyzed using Unit Price Analysis of Work (AHSP) with unit price obtained from the project to generate direct cost. While the overhead cost was taken 15% from the direct cost of each job, 15% was taken based on the example that was stated in the Ministerial Regulation of PUPR28-2016. Contingency cost was taken a risk level 11% based on the project assumptions. To get the contingency value using Monte Carlo, the writer used @risk software by entering the budget plan maximum data, most likely, and minimum data of unit price obtained from interview and iteration value will be processed automatically until it reaches 89% percentile. After the direct costs, overhead costs, and contingency obtained then the writer get the total cost required for the construction of one unit of panel stair

The result of this research were the direct cost for fee of 1 unit panel stair is Rp 1.967.866, direct cost for material is Rp 11.146.913, direct cost of 1 unit stair panel is Rp 13.114.779, indirect cost for overhead and contingency cost is Rp 2.939.002, and the unit price of the total direct and indirect cost required for the work of 1 unit panel stair is Rp 16.053.800,36.

Keywords: monte carlo, overhead, contingency, stair panel, unit price analysis, @risk

PENDAHULUAN

Dewasa ini para peneliti menemukan Panel sebagai teknologi terbaru untuk menggantikan konstruksi beton bertulang yang dianggap konvensional. Panel merupakan hasil inovasi teknologi konstruksi terkini, yang terbuat dari bahan-bahan yang ramah lingkungan, bersifat ringan tapi kokoh, anti api dan kedap suara. Dengan kelebihan panel tersebut memberikan gagasan akan tangga dengan material panel. Namun material panel belum memiliki aturan SNI. Dengan demikian perlu adanya analisis mengenai biaya tangga panel.

Pada penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui komponen biaya langsung untuk upah 1 unit tangga panel, mengetahui komponen biaya langsung untuk material 1 unit tangga panel, mengetahui biaya langsung 1 unit tangga panel, mengetahui biaya tak langsung yaitu biaya *overhead* dan kontingensi untuk 1 unit tangga panel, dan untuk mengetahui harga satuan yaitu total harga langsung dan tak langsung yang diperlukan untuk pekerjaan 1 unit tangga panel.

Tangga

Suatu tangga terdiri dari beberapa anak tangga yang tingginya selalu tepat sama. Atas dasar bahan bangunannya kita membedakan konstruksi tangga masif (dari batu alam, batu buatan atau beton), konstruksi tangga dari kayu dan konstruksi tangga dari baja (Frick, 1980).

Panel

Material panel merupakan hasil inovasi teknologi konstruksi terkini, yang terbuat dari bahan yang ramah lingkungan, bersifat ringan tapi kokoh, anti api dan kedap suara. Panel digunakan sebagai pengganti material bangunan konvensional seperti bata, beton, batu dan sebagainya. Sehingga mengurangi ketergantungan terhadap material bangunan yang berasal dari alam, seperti tanah dan kayu. Panel juga dapat mengurangi konsumsi energi pengatur suhu ruangan sampai kurang dari 40%, karena panel mampu menjaga kestabilan suhu di dalam ruangan, walaupun suhu luar ruangan berubah (mpanelindonesia.com).

Tangga panel merupakan tangga yang dapat didesain sesuai ukuran dan ketinggian lantai. Penyaluran beban terdapat pada lubang balokan dibawah step tangga yang diisi dengan tulangan besi baja 3 lonjor dan di cor beton K300. Landing panel/bordes memiliki ketebalan, lebar, dan tinggi yang dapat disesuaikan dengan permintaan, dan juga mudah dalam pemasangan (mpanelindonesia.com).

1. Ukuran lubang balokan = 11 x 12,5 cm
2. Tulangan besi untuk balok = 1 ϕ 10 mm sisi atas dan sisi bawah 2 ϕ 10 mm

3. *Tread* dan *riser* yang dapat disesuaikan dengan desain yang diminta.

Keunggulan panel yaitu hemat biaya dan cepat, hemat energi dan ramah lingkungan, kedap suara, tahan api, tahan terhadap gempa, ringan namun kokoh, serta mudah didesain dan serbaguna.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik *sampling* merupakan teknik pengambilan sampel. Untuk menentukan sampel dalam penelitian, terdapat berbagai teknik *sampling* yang digunakan. Teknik *sampling* pada umumnya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu *probability sampling* dan *nonprobability sampling*. *Probability sampling* meliputi, *simple random*, *proportionate stratified random*, *disproportionate stratified random*, dan *area random*. *Nonprobability sampling* meliputi, *sampling* sistematis, *sampling* kuota, *sampling* aksidental/insidental, *purposive sampling*, *sampling* jenuh, dan *snowball sampling*.

Produktivitas

Dalam dunia konstruksi Winanda (2010) mengemukakan bahwa produktivitas tersebut biasanya dihubungkan dengan produktivitas pekerja dan dapat dijabarkan sebagai perbandingan antara hasil kerja dan jam kerja.

Kaming (1997) mengklasifikasikan beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas kerja proyek yaitu metode dan teknologi, manajemen lapangan, lingkungan kerja, dan faktor manusia. Produktivitas dinyatakan dalam persamaan dan produktivitas pekerja, dihitung dengan persamaan (2) (Limanto, 2011).

$$Productivity = \frac{Output}{Input} \dots\dots\dots(1)$$

$$Produktivitas\ pekerja = \frac{Hasil\ Kerja\ (m^2)}{Durasi\ Kerja\ (jam)} \dots\dots\dots(2)$$

Distribusi Frekuensi

Rozak (2012) menyatakan bahwa distribusi frekuensi adalah bentuk tabel pengelompokan data ke dalam beberapa kategori yang menunjukkan banyaknya data dalam setiap kategori.

Perkiraan Biaya Proyek

National Estimating Society-USA menyebutkan dalam Soeharto (1995) perkiraan biaya adalah seni memperkirakan (*the art of approximating*) kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia pada waktu itu. Pernyataan tersebut erat hubungannya dengan analisis biaya, yaitu pekerjaan yang menyangkut pengkajian kegiatan-kegiatan terdahulu yang akan

dipakai sebagai bahan untuk menyusun perkiraan biaya.

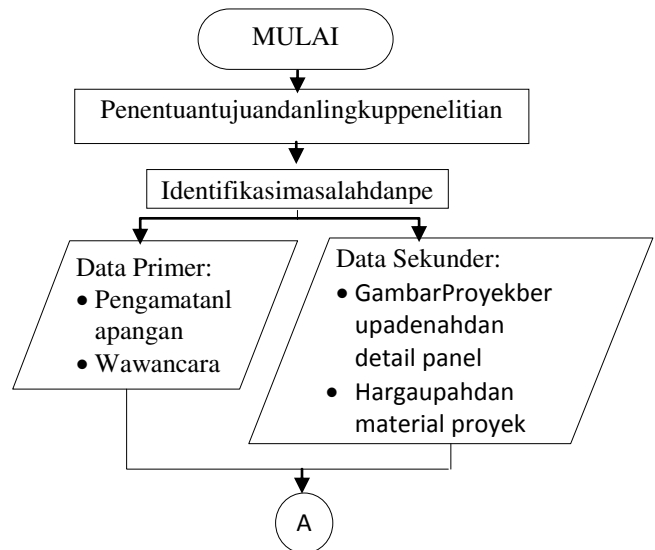
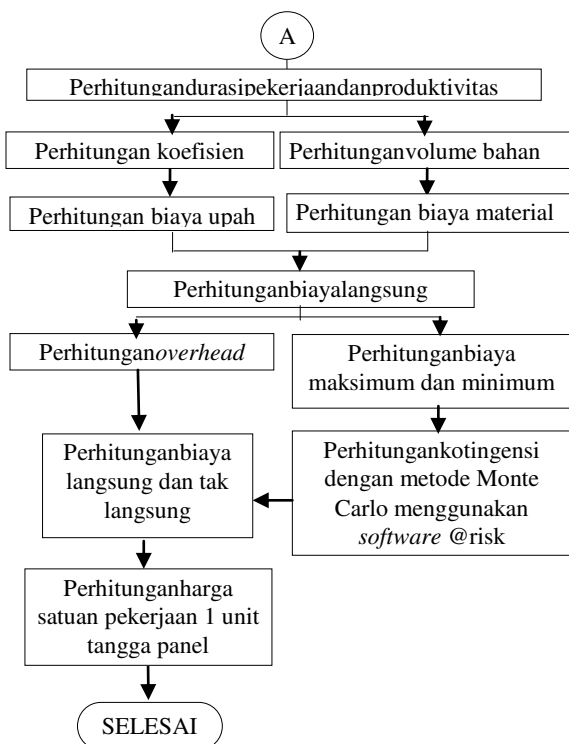
Metode Monte Carlo

Metode Monte Carlo adalah metode untuk menganalisis perambatan ketidakpastian, dimana tujuannya adalah untuk menentukan variasi *random* atau *error* mempengaruhi sensitivitas, performa, atau reliabilitas dari sistem yang sedang dimodelkan. Simulasi Monte Carlo digolongkan sebagai metode *sampling* karena *input* dibangkitkan secara *random* dari suatu distribusi probabilitas untuk proses *sampling* dari suatu proposal nyata. Oleh karena itu, suatu model harus memiliki suatu distribusi input yang paling mendekati data yang dimiliki (Rubinstein, 1981).

Jenis Penelitian

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode analitis deskriptif dengan jenis job analisis yaitu penelitian yang bukan bersifat eksperimen atau percobaan dan dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi berupa data primer dan sekunder.

Diagram Alir Penyusunan Akhir



Gambar 1. Diagram alir penelitian akhir

Lokasi dan Objek Penelitian

Nama Proyek : Ruko The Boulevard Jakarta Garden City
 Alamat Proyek : Cakung, Jakarta Timur
 Pelaksana Proyek : PT. Mitra Griya Persada Nusantara
 Pemilik : PT Modern Land

Sampel

Untuk mendapatkan jumlah sampel tangga disini tidak menggunakan rumus dikarenakan populasi yaitu tangga panel yang sedang dilaksanakan di lapangan tersisa hanya 7 tangga, jadi seluruh tangga panel akan diamati. Tangga panel yang akan menjadi sampel mempunyai lebar 1,075 m, panjang 5,15 m², dan terdiri dari 15 anak tangga.

Data Penelitian

Data adalah sumber informasi yang diketahui, dicari, atau diasumsikan untuk memberikan gambaran mengenai suatu persoalan atau keadaan. Jenis pembagian data ada berbagai macam, salah satunya adalah berdasarkan cara memperoleh, yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber data. Pada penelitian kali ini data primer didapat dari objek yang diteliti, yaitu menghitung secara langsung kecepatan pemasangan tangga panel, pengamatan metode pelaksanaan, perhitungan durasi panel, jumlah tenaga kerja, serta wawancara mengenai biaya kepada pihak terkait.

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari lembaga lain yang sudah memperoleh/mengolah data tersebut. Data sekunder didapatkan dari PT Modern Panel Indonesia selaku sub kontraktor yang

melaksanakan konstruksi dengan menggunakan material panel. Data yang diperoleh berupa layout proyek, denah pekerjaan, data material yang digunakan, data biaya pekerjaan serta harga satuan, dan data waktu pelaksanaan.

Tahapan Pengolahan

1. Produktivitas

Hasil *daily record sheet* yang telah diisi dengan pengamatan lapangan, diolah hingga mendapatkan produktivitas. Dari produktivitas tiap sampel maka dibuat histogram dan diambil produktivitas pada median di kelas modus.

2. Biaya Langsung

Dari produktivitas maka dapat dicari koefisien upah pekerja. Koefisien tersebut nantinya akan dikalikan dengan harga upah yang telah ditentukan proyek, maka didapatkanlah harga upah pekerja untuk satu sub pekerjaan 1 unit tangga panel.

Sedangkan biaya material didapat dengan mengalikan volume dengan harga satuan. Dan biaya langsung adalah jumlah antara biaya upah dan material.

3. Biaya Tak Langsung

Biaya tak langsung *overhead* yaitu 15% dari biaya langsung. Besar persentase *overhead* diambil dari contoh AHSP pada Peraturan Menteri PUPR28-2016 yaitu sebesar 15%. Sedangkan biaya kontingensi diolah dengan menggunakan metode Monte Carlo dengan *software @risk*. Nilai biaya kontingensi menggunakan tingkat resiko 11% berdasarkan perkiraan proyek.

Simulasi Monte Carlo diproses pada *Microsoft Excel* dan untuk distribusi yang digunakan yaitu distribusi *Beta Pert*. Digunakan distribusi *beta pert* karena data yang diperlukan yaitu data maksimum, *most likely*, dan minimum, dianggap paling sesuai karena data yang diperlukan tersedia.

Yang harus diketahui sebelum masuk *software @risk* yaitu nilai standar deviasi dan *absolute error* kemudian dicari jumlah iterasinya yang nantinya akan dimasukkan saat menggunakan *software @risk*.

Output dari *software @risk* yaitu data persentil, data persentil yang diambil yaitu 89% karena penelitian ini mengambil tingkat resiko 11%.

Jadi biaya tak langsung yaitu total biaya *overhead* dan kontingensi pada tiap-tiap pekerjaan.

Hasil Pengamatan di Lapangan

1. Tahap Perakitan Tulangan Balok

Tulangan balok dirakit dahulu sebelum dimasukkan ke dalam lubang tangga panel.

Lubang tempat tulangan terdiri dari 4 lubang, tulangan yang digunakan yaitu 4-D13 dan pada sengkang digunakan $\phi 8$.

2. Pengukuran Elevasi

Pengukuran elevasi dilakukan untuk menjaga kemiringan agar sesuai dengan perencanaan. Pengukuran dilakukan dengan menandai titik-titik tertentu untuk pemasangan tangga panel.

3. Perakitan Bekisting

Setelah dilakukannya pengukuran elevasi maka bekisting dapat dipasang sesuai ukuran yang didapat dari pengukuran elevasi. Bekisting pada tangga panel ini hanya menggunakan bekisting sederhana karena pada panel sendiri sudah tercetak ukuran yang diinginkan.

4. Pemasangan Panel

- Panel yang sudah dimasuki dengan tulangan balok dipindahkan ke atas bekisting.
- Melubangi tiap bagian trap tangga untuk memudahkan masuknya beton, tangga panel dilubangi pada tiap dua trap. Ukuran lubang yaitu, diameter ± 5 cm dengan jarak antar lubangnya yaitu ± 30 cm. Pelubangan dilakukan secara manual dengan menggunakan gergaji besi. Selain dilubangi, panel juga dipotong pada beberapa bagian untuk memudahkan masuknya beton.

5. Pengecoran

Campuran beton yang digunakan berasal dari *ready mix* yang kemudian di angkut dengan ember dengan cara saling sambut menyambut dari lantai 1 ke lantai 2 menuju area pengecoran tangga. Penuangan campuran beton dilakukan mulai dari anak tangga paling bawah dan mengisi setiap lubang hingga anak tangga paling atas. Kemudian dipadatkan menggunakan stek besi/kayu reng.

6. Pelepasan Bekisting

Pelepasan bekisting dilakukan setelah campuran beton kering, yaitu setelah ± 14 hari. Pembongkaran dilakukan dengan mencabut kayu-kayu bekisting.

7. Pemasangan Angular

Karena pada sisi luar belum terdapat kawat *wiremesh* untuk tempat melekatnya beton saat di plester, maka pada sisi luar dipasang angular dengan menyambungkan pada *wiremesh* panel tangga menggunakan bendrat.

8. Plesteran

Plester merupakan proses pemerataan sisi-sisi tangga, yaitu dengan memberi campuran PC dan pasir lalu di kampret dan langsung diratakan,

ini disebut juga dengan plester aci karena plesteran dilakukan sampai rata dalam 1 tahap.

Analisis Produktivitas

Produktivitas didapat dengan membagi volume dengan waktu. Pada produktivitas setiap sub pekerjaan menggunakan satuan unit/jam karena pengamatan dilapangan dilakukan dengan menghitung jumlah waktu untuk melakukan sub pekerjaan untuk 1 unit tangga.

Setelah produktivitas setiap sampel didapat maka dicari nilai tengah pada modus data *daily record sheet*, untuk mengetahui pada jam ke berapa data modus berada maka digambarkan melalui histogram pada distribusi frekuensi. Apabila modus yang didapatkan lebih dari satu maka akan diambil modus pada waktu terlama.

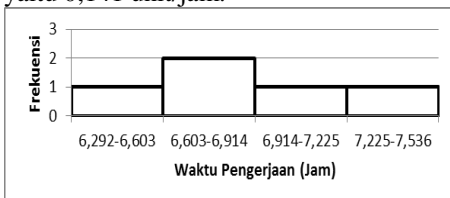
1. Hasil Pengamatan Perakitan Tulangan Balok

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan hasil *Daily Record Sheet* yang dipaparkan dalam Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1.*Daily Record Sheet* Perakitan Tulangan Balok

No	Jumlah	Satuan	Waktu Pekerjaan (Jam)	Produktivitas (Unit/Jam)	Jumlah Pekerja	Ket.
1	1	Unit	7,192	0,139	1	2
2	1	Unit	6,988	0,143	1	2
3	1	Unit	7,555	0,132	1	2
4	1	Unit	7,671	0,130	1	2
5	1	Unit	6,481	0,154	1	2
6	1	Unit	7,119	0,140	1	2
7	1	Unit	6,687	0,150	1	2
Rata-rata				0,141		

Dalam 1 unit panel terdapat 4 rangkaian tulangan balok dengan produktivitas rata-rata yaitu 0,141 unit/jam.



Gambar 2.Histogram waktu perakitan tulangan Balok

Dari data hasil pengamatan diatas didapatkan modus pada jam ke 6,603 sampai 6,914. Maka nilai produktivitas pekerjaan perakitan tulangan balok adalah 0,148 unit/jam.

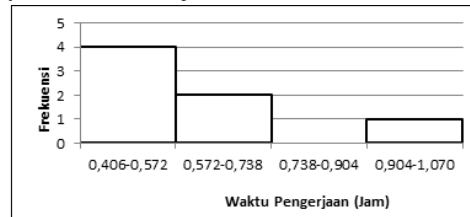
2. Pengukuran Elevasi

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan hasil *Daily Record Sheet* yang dipaparkan dalam Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2.*Daily Record Sheet* Pengukuran Elevasi

No	Jumlah	Satuan	Waktu Pekerjaan (Jam)	Produktivitas (Unit/Jam)	Jumlah Pekerja	Ket.
1	1	Unit	0,417	2,399	1	
2	1	Unit	0,603	1,658	1	
3	1	Unit	0,524	1,907	1	
4	1	Unit	0,668	1,497	1	
5	1	Unit	0,406	2,466	1	
6	1	Unit	0,526	1,900	1	
7	1	Unit	1,070	0,935	1	
Rata-rata				1,823		

Produktivitas rata-rata pengukuran elevasi yaitu 1,823 unit/jam.



Gambar 3.Histogram waktu pengukuran elevasi

Dari data hasil pengamatan diatas didapatkan modus pada jam ke 0,406 sampai 0,572. Maka nilai produktivitas pengukuran elevasi adalah 2,045 unit/jam.

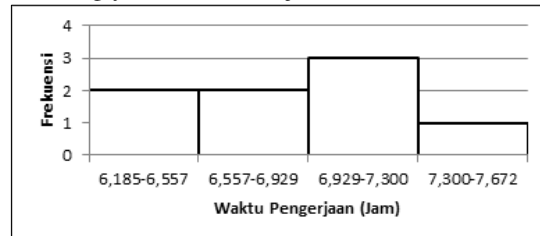
3. Hasil Pengamatan Pemasangan Bekisting

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan hasil *Daily Record Sheet* yang dipaparkan dalam Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3.*Daily Record Sheet* Pemasangan Bekisting

No	Jumlah	Satuan	Waktu Pengerjaan (Jam)	Produktivitas (Unit/Jam)	Jumlah Pekerja	Ket.
1	1	Unit	6,902	0,145	1	2
2	1	Unit	6,259	0,160	1	2
3	1	Unit	7,09	0,141	1	2
4	1	Unit	6,185	0,162	1	2
5	1	Unit	6,669	0,150	1	2
6	1	Unit	7,224	0,138	1	2
7	1	Unit	7,672	0,130	1	2
Rata-rata				0,147		

Rata-rata produktivitas untuk pemasangan bekisting yaitu 0,147 unit/jam.



Gambar 4.Histogram Waktu pemasangan bekisting

Dari data hasil pengamatan diatas didapatkan modus pada jam ke 6,929 sampai 7,3. Maka nilai produktivitas pekerjaan pemasangan bekisting adalah adalah 0,141 unit/jam.

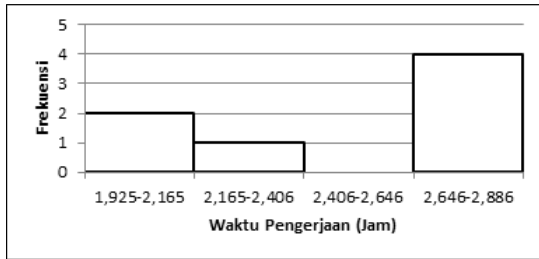
4. Hasil Pengamatan Pemasangan Panel

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan hasil *Daily Record Sheet* yang dipaparkan dalam Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4.*Daily Record Sheet* Pemasangan Panel

No	Jumlah	Satuan	Waktu Pengerjaan	Produktivitas	Jumlah Pekerja		Ket.
			(Jam)	(Unit/Jam)	Tukang	Pekerja Kasar	
1	1	Unit	2,793	0,358	1	2	
2	1	Unit	2,85	0,351	1	2	
3	1	Unit	1,973	0,507	1	2	
4	1	Unit	2,756	0,363	1	2	
5	1	Unit	2,886	0,347	1	2	
6	1	Unit	1,925	0,519	1	2	
7	1	Unit	2,188	0,457	1	2	
Rata-rata					0,415		

Pemasangan panel yang dilakukan yaitu memindahkan panel tangga yang sudah diisi dengan tulangan balok ke bekisting yang sudah tersedia. Rata-rata produktivitas untuk pemasangan panel yaitu 0,415 unit/jam.



Gambar 5.Histogram waktu pemasangan panel

Dari data hasil pengamatan diatas didapatkan modus pada jam ke 2,646 sampai 2,886. Maka nilai produktivitas pekerjaan pemasangan panel adalah 0,362 unit/jam.

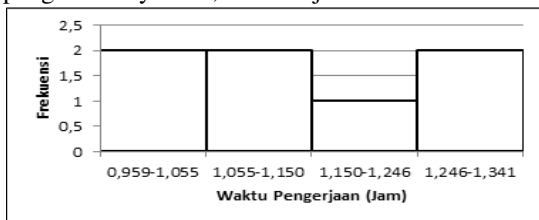
5. Hasil Pengamatan Pengecoran

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan hasil *Daily Record Sheet* yang dipaparkan dalam Tabel 5 dan Gambar 6.

Tabel 5.*Daily Record Sheet* Pengecoran

No	Jumlah	Satuan	Waktu Pengerjaan	Produktivitas	Jumlah Pekerja		Ket.
			(Jam)	(unit/Jam)	Tukang	Pekerja Kasar	
1	1	unit	0,959	1,043	5	5	
2	1	unit	1,276	0,784	5	5	
3	1	unit	1,341	0,746	5	5	
4	1	unit	1,122	0,891	5	5	
5	1	unit	1,178	0,849	5	5	
6	1	unit	1,1	0,909	5	5	
7	1	unit	1,024	0,977	5	5	
Rata-rata					0,885		

Pengecoran panel dilakukan dengan mengisi campuran beton kedalam panel melewati lubang yang sudah tersedia. Rata-rata produktivitas untuk pengecoran yaitu 0,885 unit/jam.



Gambar 6.Histogram waktu pengecoran

Dari data hasil pengamatan diatas didapatkan modus pada jam ke 1,246 sampai 1,341. Maka nilai produktivitas pekerjaan pengecoran adalah 0,773 unit/jam.

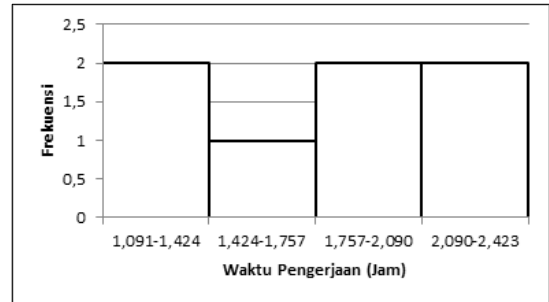
6. Hasil Pengamatan Pelepasan Bekisting

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan hasil *Daily Record Sheet* yang dipaparkan dalam Tabel 6 dan Gambar 7.

Tabel 6.*Daily Record Sheet* Pelepasan Bekisting

No	Jumlah	Satuan	Waktu Pengerjaan	Produktivitas	Jumlah Pekerja		Ket.
			(Jam)	(Unit/Jam)	Tukang	Pekerja Kasar	
1	1	Unit	1,855	0,539		2	
2	1	Unit	1,755	0,570		2	
3	1	Unit	2,237	0,447		2	
4	1	Unit	1,091	0,917		2	
5	1	Unit	1,887	0,530		2	
6	1	Unit	1,171	0,854		2	
7	1	Unit	2,423	0,413		2	
Rata-rata					0,610		

Rata-rata produktivitas untuk pelepasan bekisting yaitu 0,610 unit/jam.



Gambar 7.Histogram waktu pemasangan panel

Dari data hasil pengamatan diatas didapatkan modus pada jam ke 2,090, sampai 2,423. Maka nilai produktivitas pekerjaan pelepasan bekisting adalah 0,443 unit/jam.

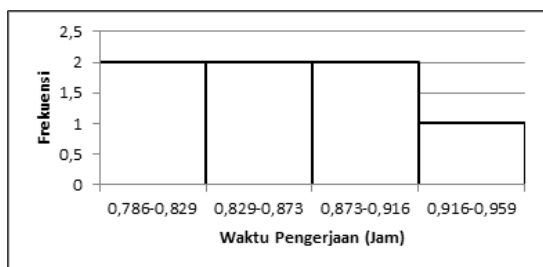
7. Hasil Pengamatan Pemasangan Angular

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan hasil *Daily Record Sheet* yang dipaparkan dalam Tabel 7 dan Gambar 8.

Tabel 7.*Daily Record Sheet* Pemasangan Angular

No	Jumlah	Satuan	Waktu Pengerjaan	Produktivitas	Jumlah Pekerja		Ket.
			(Jam)	(unit/jam)	Tukang	Pekerja Kasar	
1	1	Unit	0,853	1,172	1		
2	1	Unit	0,891	1,122	1		
3	1	Unit	0,786	1,272	1		
4	1	Unit	0,872	1,147	1		
5	1	Unit	0,959	1,043	1		
6	1	Unit	0,809	1,236	1		
7	1	Unit	0,892	1,121	1		
Rata-rata					1,159		

Angular dipasang pada bagian samping sisi terluar tangga. Rata-rata produktivitas untuk pemasangan angular yaitu 1,159 unit/jam.



Gambar 8. Histogram waktu pemasangan angular

Dari data hasil pengamatan diatas didapatkan modus pada jam ke 0,873 sampai 0,916. Maka nilai produktivitas pekerjaan pemasangan angular adalah 1,118 unit/jam.

8. Hasil Pengamatan Plesteran

Dari pengamatan di lapangan maka didapatkan hasil berdasarkan *Daily Record Sheet* yang dipaparkan dalam Tabel 8 dan Gambar 9.

Tabel 8. *Daily Record Sheet* Plesteran

No	Jumlah	Satuan	Waktu Pengerjaan		Produktivitas		Jumlah Pekerja		Ket
			(Jam)	(unit/Jam)	Tukang	Pekerja Kasar			
1	1	Unit	14,089	0,071	1	1			
2	1	Unit	17,54	0,057	1	1			
3	1	Unit	12,951	0,077	1	1			
4	1	Unit	15,525	0,064	1	1			
5	1	Unit	15,459	0,065	1	1			
6	1	Unit	16,668	0,060	1	1			
7	1	Unit	14,657	0,068	1	1			
					Rata-rata	0,066			

Tabel 9. Biaya Langsung 1 Unit Tangga Panel

No.	Nama Pekerjaan	Jumlah Pekerja		Produktivitas	Satuan	Produktivitas Per Hari	Koefisien (OH)		Harga Upah	
		Tukang	Pekerja Kasar				Tukang	Pekerja Kasar	Tukang	Pekerja Kasar
1	Pemasangan Tulangan Balok	1	2	0,148	Unit/Jam	0,789	1,267	2,535	Rp 171.085	Rp 202.768
2	Pengukuran Elevasi	1		2,045	Unit/Jam	10,906	0,092	0,000	Rp 12.379	Rp -
3	Perakitan Bekisting	1	2	0,141	Unit/Jam	0,750	1,334	2,668	Rp 200.108	Rp 213.448
4	Pemasangan Panel	1	2	0,362	Unit/Jam	1,928	0,519	1,037	Rp 70.019	Rp 82.985
5	Pengecoran	5	5	0,773	Unit/Jam	4,123	1,213	1,213	Rp 163.719	Rp 97.019
6	Pelepasan Bekisting		2	0,443	Unit/Jam	2,363	0,000	0,846	Rp -	Rp 126.936
7	Pemasangan Angular	1		1,118	Unit/Jam	5,962	0,168	0,000	Rp 22.643	Rp -
8	Plesteran	1	1	0,059	Unit/Jam	0,314	3,181	3,181	Rp 429.491	Rp 254.513
Total									Rp 1.069.444	Rp 977.669

Jadi kebutuhan biaya langsung untuk pengerjaan 1 tangga panel yaitu sebesar Rp 13.114.779

Indirect Cost

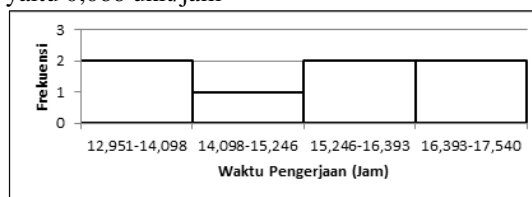
1. Biaya Overhead

Biaya overhead diambil 15% dari Peraturan Menteri PUPR28-2016, maka perlu tambahan biaya per pekerjaan yaitu yang ditunjukkan Tabel 10.

Tabel 10. Biaya Overhead 1 Unit Tangga Panel

No.	Uraian	Harga Satuan	Overhead	Biaya Overhead
1	Perakitan Tulangan Balok	Rp 2.619.609	15%	Rp 392.941
2	Pengukuran Elevasi	Rp 12.379	15%	Rp 1.857
3	Perakitan Bekisting	Rp 1.919.391	15%	Rp 287.909
4	Pemasangan Panel	Rp 6.288.199	15%	Rp 943.230
5	Pengecoran	Rp 893.017	15%	Rp 133.953
6	Pelepasan Bekisting	Rp 67.699	15%	Rp 10.155
7	Pemasangan Angular	Rp 165.099	15%	Rp 24.765
8	Plester	Rp 1.149.385	15%	Rp 172.408
Total				Rp 1.967.217

Plester aci dilakukan pada seluruh sisi terluar tangga. Rata-rata produktivitas untuk plesteran yaitu 0,066 unit/jam



Gambar 9. Histogram waktu plesteran

Dari data hasil pengamatan diatas didapatkan modus pada jam ke 16,393 sampai 17,540. Maka nilai produktivitas plesteran adalah 0,059 unit/jam.

Direct Cost (Biaya Langsung)

Waktu kerja dalam sehari 8 jam dan waktu efektif kerja dalam 1 jam yaitu 40 menit. Waktu 40 menit dibagi dengan 60 menit maka didapatkan efektifitas jam kerja yaitu 0,667, selanjutnya 0,667 dikalikan dengan waktu kerja dalam sehari maka didapatkan jam kerja efektif. Untuk mendapatkan produktivitas dengan jam kerja efektif. Untuk mendapatkan koefisien maka jumlah pekerja dibagi dengan produktivitas per hari. Sedangkan harga upah didapat dengan mengalikan upah dengan koefisien. Untuk produktivitas, koefisien pekerja, dan harga upah dapat dilihat pada Tabel 9.

Dari Tabel 10 didapat total biaya yang dibutuhkan untuk *overhead* adalah Rp 1.967.217.

2. Simulasi Metode Monte Carlo Menggunakan *Software @risk* dengan Distribusi Beta Pert untuk Perhitungan Biaya Kontingensi

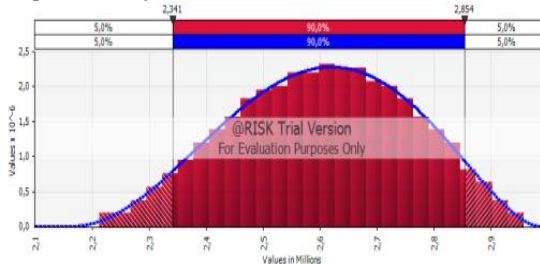
Simulasi monte carlo dengan *software @risk* menggunakan distribusi beta pert karena terdapat 3 parameter yaitu minimum, *most likely*, dan maksimum. Pertama harus dicari standar deviasi dari 3 parameter tersebut menggunakan persamaan (3), lalu mencari *absolute error* dengan persamaan (4), setelah kedua data tersebut didapat maka selanjutnya mencari nilai itersi dengan persamaan (5).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum x^2 - \bar{x}^2)} \dots\dots\dots(3)$$

$$\varepsilon = Error\ Relative \times \bar{x} \dots\dots\dots(4)$$

$$N = \left(\frac{3\sigma}{\varepsilon}\right)^2 \dots\dots\dots(5)$$

Setelah nilai itersi didapat maka selanjutnya masuk ke *software @risk*. Pada Gambar 10 merupakan contoh hasil grafik Beta Pert dari *software @risk* dan Tabel 11 merupakan contoh *output* dari *software @risk*.



Tabel 11. Biaya Kontingensi Tangga Panel

Cell	Curve #1	Pert(2158277,601;2619608,871;2985488,164)
1 perakitan tul balokIB5		
Minimum	2.212.100,69	2.158.277,60
Maximum	2.956.928,90	2.985.488,16
Mean	2.603.706,62	2.603.700,21
90% CI	± 10.699,68	
Mode	2.595.888,74	2.619.608,87
Median	2.607.171,94	2.607.455,52
Std Dev	156.003,18	155.864,86
Skewness	-0,102	-0,1021
Kurtosis	2,3505	2,3472
Values	577	
Errors	0	
Filtered	0	
Left X	2.341.197,86	2.341.197,86
Left P	5,00%	5,00%
Right X	2.853.568,79	2.853.568,79
Right P	95,00%	95,00%
Dif. X	512.370,93	512.370,93
Dif. P	90,00%	90,00%
1%	2.262.305,17	2.264.527,71
5%	2.341.197,86	2.341.052,37
10%	2.391.861,06	2.392.036,54
15%	2.429.850,52	2.429.866,83
20%	2.461.494,39	2.461.559,83
25%	2.490.212,86	2.489.670,37
30%	2.515.423,82	2.515.469,75
35%	2.539.692,42	2.539.708,70
40%	2.562.336,53	2.562.886,79
45%	2.585.078,79	2.585.370,73
50%	2.607.171,94	2.607.455,52
55%	2.629.526,22	2.629.401,48
60%	2.652.034,87	2.651.461,50
65%	2.674.455,86	2.673.906,86
70%	2.696.994,85	2.697.059,15
75%	2.721.537,56	2.721.340,10
80%	2.747.096,78	2.747.365,18
85%	2.776.296,20	2.776.152,84
90%	2.810.604,94	2.809.709,11
95%	2.853.568,79	2.853.420,60
99%	2.917.244,29	2.915.093,07
89%	2803743,192	

Gambar 10. Grafik @risk perakitan tulangan Balok

Tabel 12 berikut menunjukkan rekapan biaya kontingensi yang didapat menggunakan metode Monte Carlo dengan *software @risk*.

Tabel 12. Biaya Kontingensi Tangga Panel

No.	Uraian	Biaya Langsung	Mean	Nilai Persentil Ke-89	Biaya Kontingensi
1	Pemasangan Tulangan Balok	Rp 2.619.609	Rp2.603.706,62	2.803.743,19	200.036,57
2	Pengukuran Elevasi	Rp 12.379	Rp11.996,68	13.101,68	1.105,00
3	Perakitan Bekisting	Rp 1.919.391	Rp1.924.026,80	2.028.108,79	104.081,99
4	Pemasangan Panel	Rp 6.288.199	Rp6.550.993,37	6.960.017,38	409.024,01
5	Pengecoran	Rp 893.017	Rp899.667,11	964.133,93	64.466,82
6	Pelepasan Bkisting	Rp 67.699	Rp69.109,55	79.562,40	10.452,85
7	Pemasangan Angular	Rp 165.099	Rp161.631,78	188.916,37	27.284,59
8	Plesteran	Rp 1.149.385	Rp1.175.776,86	1.331.130,04	155.353,18
Total Biaya Kontingensi					971.805,00

Jadi total biaya yang dibutuhkan untuk kontingensi adalah Rp 971.805,00.

3. Biaya Tak Langsung 1 Unit Tangga Panel

Setelah didapat biaya *overhead* dan kontingensi maka akan didapatkan biaya tak langsung untuk masing-masing pekerja yang ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Biaya Tak Langsung 1 Unit Tangga Panel

No.	Uraian	Overhead	Kontingensi	Biaya Tak Langsung
1	Perakitan Tulangan Balok	Rp 392.941	Rp 200.037	Rp 592.978
2	Pengukuran Elevasi	Rp 1.857	Rp 1.105	Rp 2.962
3	Perakitan Bekisting	Rp 287.909	Rp 104.082	Rp 391.991
4	Pemasangan Panel	Rp 943.230	Rp 409.024	Rp 1.352.254
5	Pengecoran	Rp 133.953	Rp 64.467	Rp 198.419
6	Pelepasan Bekisting	Rp 10.155	Rp 10.453	Rp 20.608
7	Pemasangan Angular	Rp 24.765	Rp 27.285	Rp 52.049
8	Plester	Rp 172.408	Rp 155.353	Rp 327.761
Total Biaya Tak Langsung				Rp 2.939.022

Dari Tabel 13 didapat total biaya tak langsung untuk pengerjaan 1 tangga panel yaitu sebesar Rp 2.939.022.

1. Harga Satuan Pekerjaan 1 Unit Tangga Panel

Harga satuan pekerjaan 1 unit tangga panel yaitu total biaya langsung dan biaya tak langsung (*overhead* dan kontingensi),), ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Harga Satuan 1 Unit Tangga Panel

No.	Uraian	Biaya Langsung		Biaya Tak langsung		Harga Satuan		
				<i>Overhead</i>	Kontingensi			
1	Perakitan Tulangan Balok	Rp	2.619.609	Rp	392.941	200.036,57	Rp	3.212.586,77
2	Pengukuran Elevasi	Rp	12.379	Rp	1.857	1.105,00	Rp	15.340,37
3	Perakitan Bekisting	Rp	1.919.391	Rp	287.909	104.081,99	Rp	2.311.382,07
4	Pemasangan Panel	Rp	6.288.199	Rp	943.230	409.024,01	Rp	7.640.452,78
5	Pengecoran	Rp	893.017	Rp	133.953	64.466,82	Rp	1.091.436,81
6	Pelepasan Bekisting	Rp	67.699	Rp	10.155	10.452,85	Rp	88.306,96
7	Pemasangan Angular	Rp	165.099	Rp	24.765	27.284,59	Rp	217.148,55
8	Plester	Rp	1.149.385	Rp	172.408	155.353,18	Rp	1.477.146,03
Total Harga Satuan							Rp	16.053.800,36

Jadi harga satuan tangga panel dengan lebar 1,075 m, panjang 5,15 m', dan jumlah anak tangga 15 yaitu seharga Rp 16.053.800,36.

Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan di lapangan didapatkan produktivitas dan diolah hingga mendapat harga pengerjaan tangga panel. Analisa biaya langsung menggunakan AHSP, sedangkan biaya tak langsung menggunakan metode Monte Carlo dengan *software* @risk untuk biaya kontingensi. Pada nilai biaya kontingensi diambil tingkat resiko 11% berdasarkan perkiraan proyek dan besar persentase *overhead* diambil dari contoh AHSP pada Peraturan Menteri PUPR28-2016 yaitu sebesar 15%. Berikut rincian harga yang didapat dari perhitungan.

1. Komponen biaya langsung untuk upah 1 unit tangga panel yaitu Rp 1.967.866.
2. Komponen biaya langsung untuk material 1 unit tangga panel yaitu Rp 11.146.913.
3. Biaya langsung 1 unit tangga panel adalah sebesar Rp 13.114.779.
4. Biaya tak langsung yaitu biaya *overhead* dan kontingensi untuk 1 unit tangga panel sebesar Rp 2.939.002, dengan biaya *overhead* Rp 1.967.217 dan kontingensi Rp 971.805
5. Harga satuan yaitu total harga langsung dan tak langsung yang diperlukan untuk pekerjaan 1 unit tangga panel adalah seharga Rp 16.053.800,36.

Saran

Setelah melakukan penelitian mengenai biaya tangga panel, berikut beberapa saran dari peneliti.

1. Bagi kontraktor yang ingin menggunakan material panel sebagai bahan untuk konstruksi, maka perhatikan kebutuhan dan kesesuaian proyek. Penggunaan panel menghasilkan produktivitas yang tinggi namun dari

segi pengerjaan masih terlampaui susah karena tukang masih belum terlalu berpengalaman dengan material panel.

2. Bagi peneliti selanjutnya apabila ingin mengangkat tema yang sama dalam penelitian maka pahami dengan benar mengenai bahan dan satuan agar tidak kesulitan dalam pengolahan data. Dan yang juga penting yaitu tetapkan dengan jelas mengenai *software* apa yang akan digunakan untuk mengolah data monte carlo dan pastikan sudah mencoba dari awal agar mengetahui *software* mana yang tepat dan mudah untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Frick, H. (1980). *Ilmu Konstruksi Bangunan 2*. Yogyakarta: Kanisius.
- 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.
- Limanto, S. & Patmadjaja, H. (2011). *Evaluasi Produktivitas Pemasangan Bata Ringan pada Dinding Bnagunan Hotel*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Mukomoko, J. A. (1987). *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*. Jakarta: Gaya Media Pratama.
- PT. Modern Land. *Mpanelindonesia.com*. (diakses 7 Juli 2017)
- Rozak, A. (2012). *Pengantar Statistika*. Malang: Intimedia
- Rubinstein, R. Y. (1981). *Simulation and the Monte Carlo Method*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Winanda, L. A. R. (2010). *Estimasi Produktivitas Pekerja Konstruksi dengan Probabilistic Neural Network*. Jurnal Teknik Sipil No. 15 Vol. VIII. Malang: ITN Malang.