



Analisis Resiko Proyek Menggunakan Metode FMEA Dan Simulasi Monte Carlo *Forest Cerme*

Moch Aldi Imawan¹, Moch. Nuruddin ^{*2}, Hidayat³

^{1,2,3}Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik; Jl. Sumatera No. 101 GKB, Gresik (61121) – Jawa Timur

*Email Penulis Korespondensi: mochammadaldiimawan1@gmail.com

Abstrak

Indonesia sebagai negara berkembang sedang giat-giatnya melakukan bermacam kegiatan pembangunan, demi menunjang kehidupan sejahtera untuk masyarakatnya. Pembangunan-pembangunan yang dilakukan ini sering disebut sebagai proyek konstruksi. Pada tahapan perencanaan proyek, diperlukan adanya perhitungan terhadap risiko kemungkinan yang akan muncul pada proyek tersebut, dan mempehitungkan tingkat kesuksesan proyek tersebut. Risiko yang muncul dalam proyek merupakan hal yang dapat mengganggu jalannya proyek, dan juga memperhitungkan kesuksesan sebuah proyek merupakan salah satu cara untuk mengoptimalkan proyek tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis risiko dengan menggunakan metode Risk Priority Number (FMEA), metode ini digunakan untuk mengetahui risiko pada proyek ini. Dari identifikasi yang dilakukan pada proyek pembangunan rumah contoh type Hook kecil didapatkan 21 risiko dalam proses pengerjaan proyek yaitu keterlambatan pengiriman material dari supplier dengan nilai RPN 175. Setelah mengetahui risiko tertinggi kemudian dilakukan simulasi Monte Carlo untuk melihat tingkat kepercayaan atau keberhasilan dari Rancangan Anggaran Biaya (RAB) yang telah disusun oleh perusahaan. Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo didapatkan range RAB minimal dan maksimal proyek pada biaya Rp. 598.000.000 memiliki tingkat kepercayaan sebesar 1,20%, pada biaya Rp. 623.000.000 memiliki tingkat kepercayaan sebesar 62,05%, dan pada biaya Rp. 636.000.000 memiliki tingkat kepercayaan sebesar 91,57%.

Kata kunci— *Manajemen Proyek, Risiko, FMEA, Monte Carlo, Biaya.*

Abstract

Indonesia, as a developing country, is actively carrying out various development activities, in order to support a prosperous life for its people. These developments are often referred to as construction projects. At the project planning stage, it is necessary to calculate the possible risks that will arise in the project, and calculate the level of success of the project. Risks that arise in projects are things that can disrupt the progress of the project, and also calculating the success of a project is one way to optimize the project. In this research, risk analysis was carried out using the Risk Priority Number (FMEA) method. This method was used to determine the risks in this project. From the identification carried out on the small Hook type house construction project, 21 risks were found in the project work process, namely delays in

material delivery from suppliers with an RPN value of 175. After knowing the highest risks, a Monte Carlo simulation was carried out to see the level of confidence or success of the Draft Cost Budget (RAB) which has been prepared by the company. Based on the results of the Monte Carlo simulation, the minimum and maximum RAB range for a project at a cost of Rp. 598,000,000 has a confidence level of 1.20%, at a cost of Rp. 623,000,000 has a confidence level of 62.05%, and at a cost of Rp. 636,000,000 has a confidence level of 91.57%.

Keywords— Project Management, Risk, FMEA, Monte Carlo, Cost.

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai Negara berkembang sedang melakukan bermacam – macam kegiatan pembangunan, demi menunjang kehidupan sejahtera untuk masyarakatnya. Pelaksanaan pembangunan ini tentunya mempengaruhi faktor manajemen, dimana ada tuntutan untuk mendapatkan hasil yang bermutu dari usaha optimal yang dilakukan. Pembangunan yang dilakukan ini sering disebut sebagai proyek konstruksi [1].

Dalam pelaksanaan manajemen yang baik dibutuhkan ada tiga hal utama yaitu, perencanaan, penjadwalan dan pengendalian dalam suatu proyek keberlangsungan. Perencanaan merupakan suatu proses yang menyangkut berbagai macam upaya yang dilakukan untuk mengantisipasi pada kecenderungan dimasa yang akan datang, dalam aktivitas dari perencanaan memfokuskan ada tujuan, perencanaan memfokuskan pada kesuksesan dari suatu organisasi dalam jangka waktu pendek dan juga waktu panjang [2].

Perumahan *Forest Cerme* sebagai unsur pelaksana pengadaan pekerjaan konstruksi yang pada penelitian ini pihak developer melakukan pembangunan satu unit rumah contoh tipe *Hook* kecil. Proyek pembangunan rumah contoh ini dilakukan untuk memikat dan daya tarik akan desain terbaru rumah type *Hook* kecil.

Forest Cerme Seringkali mendapatkan masalah-masalah dalam proyeknya yang terkadang menyebabkan kerugian. Hal ini tentu akan berdampak buruk bagi perusahaan, diantaranya material yang tidak on-site atau pengadaan bahan baku sering terlambat, sehingga perusahaan akan mengeluarkan biaya yang lebih banyak apabila tidak tepat dalam proses penyelesaian proyek tersebut.

Pada proyek pembangunan jembatan gantung. Dalam penelitian ini dilakukan penjadwalan proyek agar dapat memprediksi setiap jadwal pengerjaannya. Pada proyek ini terdapat 10 kegiatan yang ada, maka perlu dilakukan simulasi *Monte Carlo* untuk mengatasi semua risiko dan ketidakpastian dalam pembangunan proyek ini. Dari hasil simulasi didapat tingkat akurasi untuk tahun 2017, 2018, dan 2019, yaitu dengan hasil 93,99 %, 98,77 %, 86,75 % [3].

Pada produk HPAI di Halal Mart HNI. Penelitian ini dilakukan simulasi untuk memprediksi penjualan produk HPAI. Simulasi prediksi merupakan sebuah estimasi perhitungan tingkat penjualan sesuatu produk di periode tertentu. Data yang digunakan pada simulasi ini yaitu data penjualan produk HPAI tahun 2017 hingga 2019, data ini diolah menggunakan metode *Monte Carlo*. Hasil yang didapat rata-rata akurasi sebesar 84,5 % sehingga memudahkan proses pengambilan keputusan selanjutnya dan dalam memilih strategi bisnis [4].

Penelitian yang dilakukan pada pembongkaran anjungan lepas pantai, yang bisa dikatakan pekerjaan yang cukup rumit. Oleh karena penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kemungkinan risiko dalam pembongkaran anjungan guna mengoptimalkan biaya pembongkaran anjungan lepas pantai, Analisa risiko menggunakan metode Failure Mode and Effect Mode (FMEA). Dari hasil analisis terdapat 9 risiko yang diprioritaskan, dan terdapat 2 risiko dominan yang menjadi perhatian yaitu tidak terpenuhi komitmen jadwal proyek dan kesalahan desain engineering [5].

Berdasarkan penjelasan yang ada diatas, maka penelitian akan melakukan analisis risiko yang muncul dalam proyek pembangunan. *Risk Priority Number* (FMEA) merupakan suatu

metode yang digunakan untuk meninjau pemicu cacat ataupun kegagalan yang terjadi disaat proses produksi, mengevaluasi prioritas risiko yang menimbulkan munculnya kecelakaan kerja, serta menunjang mengambil aksi untuk menjauhi permasalahan yang teridentifikasi sebagai ancaman. Dengan mengetahui nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* serta menghitung *Risk Priority Number* (RPN) maka analisis risiko dapat dilakukan serta mengetahui tingkat potensi risiko yang paling memberi dampak buruk pada proyek ini [6]. Kemudian dilakukan simulasi dengan *Monte Carlo* untuk memprediksi tingkat kesuksesan atau tingkat kepercayaan dari proyek tersebut. *Monte Carlo* atau dikenal dengan istilah Sampling Simulation adalah metode yang digunakan untuk menghitung atau memperkirakan nilai dan solusi menggunakan angka acak, probabilitas, dan statistik [7]. Metode ini digunakan untuk merancang atau mensimulasikan sistem nyata terhadap Rancangan Anggaran Biaya (RAB) proyek pembangunan sehingga perusahaan dapat mengoptimalkan biaya proyek dan juga mengurangi risiko terhadap Rancangan Anggaran Biaya (RAB) proyek. Pada proyek pembangunan ini, Rancangan Anggaran Biaya (RAB) yang digunakan sebesar Rp. 657,247,427.

2. METODE PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan secara sistematis mengenai Langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian yang ditampilkan pada Gambar 1.

2.1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengidentifikasian masalah – masalah apa saja yang terjadi dengan dukungan dari observasi dan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu, pada tahap ini pula peneliti mengidentifikasi pihak mana yang menjadi *expert judgement* sebagai pemberi sumber data yang diperlukan.

2.2. Perumusan Masalah dan Tujuan

Melakukan perumusan masalah dari hasil identifikasi yang telah dilakukan, kemudian menetapkan batasan – batasan pada penelitian dan menetapkan tujuan dari penelitian ini.

2.3. Studi Literatur

Studi literatur diperlukan untuk mendapatkan pengetahuan dari penelitian yang berhubungan dengan fokus penelitian. Studi literatur diperoleh dari buku dan jurnal. Pada tahapan ini peneliti mendapatkan *Risk Priority Number (FMEA)* sebagai metode identifikasi risiko dan Simulasi *Monte Carlo*.

2.4. Identifikasi dan Analisis Risiko

Identifikasi risiko dilakukan dengan mempertimbangan studi literatur yang terkait dengan risiko pada sebuah proyek. Dan analisis risiko dilakukan dengan wawancara kepada *expert judgement* yang berkaitan langsung dengan proyek dan menguasai kondisi lapangan. *Risk Priority Number (FMEA)*.

Pada tahapan ini, setelah dilakukan analisis risiko yang ada proyek dan dilakukan validasi dengan *expert judgement*. Analisa meliputi sebab dan dampak dari risiko yang muncul pada proyek, selanjutnya dilakukan pembobotan *Rank Priority Number (RPN)* untuk mengurutkan daftar risiko dari nilai yang tertinggi hingga nilai terendah, sehingga dapat melihat risiko yang diprioritaskan dalam penanganan selanjutnya.

2.5. Pengumpulan Data

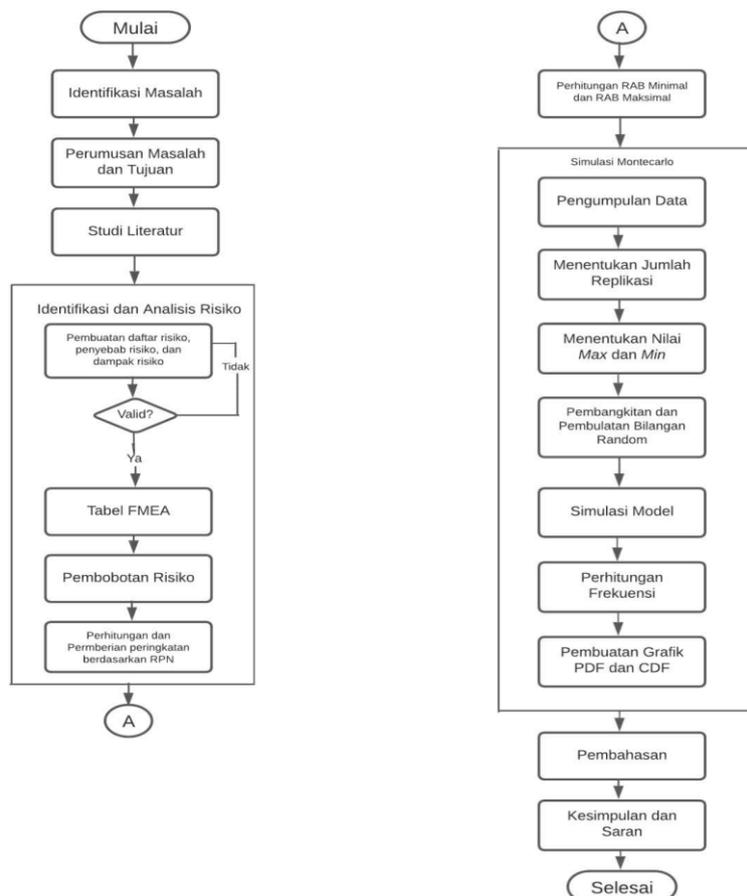
Data yang dimasukkan pada tahapan ini berdasarkan hasil tertinggi RPN yang menjadi prioritas untuk segera diatasi. Data yang digunakan yaitu data Rancangan Anggaran Biaya (RAB), dan spesifik pada RAB Min dan RAB Max. Dari data yang didapat dilakukan perhitungan replikasi data untuk nantinya digunakan dalam membantu pembangkitan angka random.

2.6. Simulasi Monte Carlo

Simulasi dilakukan untuk meramalkan risiko yang telah ada sehingga dari hasil simulasi tersebut dapat ditarik kesimpulan untuk menjadi pertimbangan perusahaan dan masukan dalam pengambilan keputusan perusahaan.

2.7. Pembahasan

Pembahasan merupakan penjelasan mengenai hasil dari identifikasi risiko oleh *Risk Priority Number (FMEA)* dan simulasi *Monte Carlo* yang telah dilakukan.



Gambar 1 Flowchart Penelitian

2.8. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang telah disusun. Saran merupakan usulan tindakan yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk menghindari atau mengatasi risiko yang sedang atau dapat terjadi. Saran juga dapat berisi usulan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Risiko Risk Priority Number (FMEA)

Berdasarkan pada beberapa kriteria tertentu seperti hubungan *expert* dengan objek yang diteliti, pengalaman kerja, paham dengan kondisi objek saat ini, dan memahami permasalahan yang akan dibahas. Risiko yang telah diidentifikasi dan diketahui penyebab (*cause of risk*) dan dampaknya (*effect of risk*), selanjutnya dilakukan pembobotan. Pembobotan dilakukan dengan penilaian pada tiap risiko yang nantinya menghasilkan *Rank Priority Number (RPN)* [8].

Setelah dilakukan validasi oleh 5 orang *expert*, yang terdiri dari Project Manager, Quality Surveyor, Pengawas Lapangan, Supervisor Logistik dan Admin Proyek. Validasi

tersebut dilakukan dengan wawancara kepada 5 orang *expert* tersebut, dimana penilaian tersebut didasarkan ketika >50% *expert* setuju dengan risiko tersebut maka diidentifikasi sebagai risiko yang sesuai dalam proyek tersebut. Sedangkan jika >50% *expert* tidak setuju maka risiko yang ada dikatakan tidak sesuai. Berdasarkan hasil validasi diatas, ditemukan beberapa risiko yang sesuai dan tidak sesuai dengan keadaan yang sering dialami.

Tabel 1 Risk Event

Variabel	No.	Risk Event
Risiko Biaya	R1	Ongkos pengiriman material naik
	R2	Kenaikan harga material yang tidak pasti
	R3	Kesalahan perhitungan jumlah material yang datang
	R4	Adanya produk cacat
	R5	Adanya kerusakan pada alat kerja (mesin)
	R6	Terjadinya bencana alam
	R7	Adanya kecelakaan kerja
Risiko Waktu	R8	Proses produksi terhambat
	R9	Keterlambatan pengiriman material dari supplier
	R10	Target produksi tidak sesuai kontrak
	R11	Adanya pemadaman listrik dan air secara tiba - tiba
Risiko Mutu/Kualitas Material dan Produk	R12	Terdapat defect pada material
	R13	Kesalahan pada detail material
	R14	Kesalahan pada takaran komposisi material
Risiko Teknologi Informasi dan Komunikasi	R15	Kurang jelasnya kebijakan dan prosedur keuangan
	R16	Kurang tepatnya perencanaan biaya
	R17	Tidak tepat pemilihan jumlah personil proyek
	R18	Kesalahan penentuan struktur organisasi proyek
	R19	Kurangnya keamanan pada beberapa aktivitas kerja
	R20	Kesulitan mendapatkan material
	R21	Kurangnya komunikasi personil proyek

Tabel 2 Validasi Risiko (*Knowledge Engineering*)

No.	Risk Event	Expert Judgement					Studi Literatur	Hasil	No.	Risk Event	Expert Judgement					Studi Literatur	Hasil
		1	2	3	4	5					1	2	3	4	5		
R1	Ongkos pengiriman material naik	√	√	√	√	√	√	Diterima	R11	Adanya pemadaman listrik dan air secara tiba-tiba	√	X	X	X	√	√	Ditolak
R2	Kenaikan harga material yang tidak pasti	X	√	√	√	√	√	Diterima	R12	Terdapat defect pada material	√	√	X	X	X	√	Ditolak
R3	Kesalahan perhitungan jumlah material yang datang	√	√	√	√	√	√	Diterima	R13	Kesalahan pada detail material	√	√	√	X	X	√	Diterima
									R14	Kesalahan pada takaran komposisi material	X	X	√	√	√	√	√
R4	Adanya produk cacat	√	√	√	√	√	√	Diterima	R15	Kurang jelasnya kebijakan dan prosedur keuangan	X	X	√	√	√	√	Diterima
R5	Adanya kerusakan pada alat kerja (mesin)	√	√	√	√	√	√	Diterima	R16	Kurang tepatnya perencanaan biaya	√	√	√	√	X	√	Diterima
R6	Terjadinya bencana alam	√	√	X	√	√	√	Diterima	R17	Tidak tepat pemilihan jumlah personil proyek	X	X	X	X	X	√	Ditolak
R7	Adanya kecelakaan kerja	X	X	X	X	√	√	Ditolak	R18	Kesalahan penentuan struktur organisasi proyek	√	√	√	√	X	√	Diterima
R8	Proses produksi terhambat	√	√	√	√	√	√	Diterima									
R9	Keterlambatan pengiriman material dari supplier	√	√	√	√	√	√	Diterima	R19	Kurangnya keamanan pada beberapa aktivitas kerja	X	X	X	X	√	√	Ditolak
									R20	Kesulitan mendapatkan material	X	X	X	X	X	√	Ditolak
R10	Target produksi tidak sesuai kontrak	√	√	√	√	X	√	Diterima	R21	Kurangnya komunikasi personil proyek	X	X	X	√	√	√	Ditolak

Table 5 Urutan *Ranking Priority Number* (RPN)

No.	Risk Event	Rangking
R9	Keterlambatan pengiriman material dari supplier	1
R1	Ongkos pengiriman material naik	2
R21	Kurangnya komunikasi personil proyek	3
R2	Kenaikan harga material yang tidak pasti	4
R6	Terjadinya bencana alam	4
R3	Kesalahan perhitungan jumlah material yang datang	6
R8	Proses produksi terhambat	6
R10	Target produksi tidak sesuai kontrak	8
R7	Adanya kecelakaan kerja	9
R4	Adanya produk cacat	10
R11	Adanya pemadaman listrik dan air secara tiba - tiba	10
R5	Adanya kerusakan pada alat kerja (mesin)	12
R12	Terdapat defect pada material	13
R18	Kesalahan penentuan struktur organisasi proyek	14
R20	Kesulitan mendapatkan material	15
R19	Kurangnya keamanan pada beberapa aktivitas kerja	16
R16	Kurang tepatnya perencanaan biaya	17
R17	Tidak tepat pemilihan jumlah personil proyek	17
R14	Kesalahan pada takaran komposisi material	19
R13	Kesalahan pada detail material	20
R15	Kurang jelasnya kebijakan dan prosedur keuangan	21

Hal tersebut disebabkan karena perencanaan yang dilakukan oleh pihak *Forest Cerme* masih dilakukan secara manual yang menyebabkan perusahaan mendapatkan kekurangan dalam tingkat kepercayaan sebagai pelaksana. Selanjutnya pada urutan kedua adalah Ongkos pengiriman material naik dengan nilai *Rank Priority Number* (RPN) sebesar 168 yang disebabkan karena sering berganti supplier dan kurang updatenya pihak *Forest Cerme* secara bertahap dan rutin untuk melihat harga – harga material di pasar yang ada saat ini yang menyebabkan kenaikan pada biaya proyek.

Pada urutan ketiga adalah Kurangnya komunikasi personil proyek dengan nilai *Rank Priority Number* (RPN) sebesar 150 yang disebabkan oleh ketidakcocokan terhadap pengawas lapangan dan pekerja lapangan, hal ini berdampak pada proses proyek berlangsung.

3.2. Simulasi Monte Carlo

Pada penelitian ini data yang digunakan untuk simulasi yaitu data Rancangan Anggaran Biaya Min dan data Rancangan Anggaran Biaya Max. RAB Min adalah rancangan biaya yang disusun oleh pihak *Forest Cerme* tanpa memperhitungkan keuntungan, dengan kata lain biaya-biaya pada rancangan biaya tersebut masih biaya real. Sedangkan RAB Max adalah rancangan biaya yang dari kontraktor ditawarkan kepada pihak *forest crème* dengan sudah memperhitungkan keuntungan untuk pihak kontraktor pada proyek ini [9].

Data yang telah didapat, dan diolah dengan menentukan jumlah replikasi digunakan untuk membuat model simulasi *Monte Carlo*. Berikut merupakan data RAB Min dan Max dari proyek ini.

3.3. Model Monte Carlo

Dari data yang telah didapatkan berupa Rancangan Biaya total biaya tersebut digunakan sebagai nilai minimal dan maksimal. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan model untuk Simulasi *Monte Carlo*. Sebelum model tersebut dijalankan, terdapat perhitungan yang harus dilakukan [10].

Perhitungan tersebut adalah menentukan jumlah replikasi, dan membangkitkan angka random dari tiap aktivitas pekerjaan menggunakan distribusi *uniform*. Untuk menentukan jumlah replikasi dengan cara sebagai berikut.

Table 6 RAB Max dan RAB Min

No.	DESCRIPTION	RAB MAX			No.	DESCRIPTION	RAB MIN		
		TOTAL MATERIAL	TOTAL UPAH	JUMLAH TOTAL			TOTAL MATERIAL	TOTAL UPAH	JUMLAH TOTAL
		(Rp)	(Rp)	(Rp)			(Rp)	(Rp)	(Rp)
	REKAPITULASI PEKERJAAN STRUKTUR DAN ARSITEKTUR				REKAPITULASI PEKERJAAN STRUKTUR DAN ARSITEKTUR				
1	PRELIMINARY (Bedeng, gudang, air+listrik kerja, pembersihan)	Rp 2,350,000	Rp 750,000	Rp 3,100,000	1	PRELIMINARY (Bedeng, gudang, air+listrik kerja, pembersihan)	Rp 2,250,000	Rp 650,000	Rp 2,900,000
2	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1, LANTAI 2 & ROOF	Rp 128,396,437	Rp 46,776,383	Rp 175,172,820	2	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1, LANTAI 2 & ROOF	Rp 108,349,880	Rp 37,682,134	Rp 146,032,014
3	PEKERJAAN ARSITEKTUR LANTAI 01	Rp 116,431,288	Rp 57,524,100	Rp 173,955,388	3	PEKERJAAN ARSITEKTUR LANTAI 01	Rp 105,049,577	Rp 51,740,983	Rp 156,790,559
4	PEKERJAAN ARSITEKTUR LANTAI 02	Rp 99,815,085	Rp 49,996,658	Rp 149,811,743	4	PEKERJAAN ARSITEKTUR LANTAI 02	Rp 93,250,776	Rp 45,777,174	Rp 139,027,950
5	PEKERJAAN ARSITEKTUR ROOF	Rp 17,179,200	Rp 4,527,500	Rp 21,706,700	5	PEKERJAAN ARSITEKTUR ROOF	Rp 14,434,533	Rp 3,977,200	Rp 18,411,733
6	PEKERJAAN MEKANIKAL	Rp 20,490,175	Rp 10,185,600	Rp 30,675,775	6	PEKERJAAN MEKANIKAL	Rp 17,335,745	Rp 9,985,600	Rp 27,321,345
7	PEKERJAAN ELETRONIK DAN ELEKTRIKAL	Rp 25,459,000	Rp 9,200,000	Rp 34,659,000	7	PEKERJAAN ELETRONIK DAN ELEKTRIKAL	Rp 22,298,000	Rp 7,662,500	Rp 29,960,500
A	TOTAL	Rp 410,121,186	Rp 178,960,241	Rp 589,081,427	A	TOTAL	Rp 362,968,510	Rp 157,475,591	Rp 520,444,101
1	PEKERJAAN KANOPI RANGKA LUAR WF 200, ISI C-150, KOLOM WF 200	Rp 27,556,200	Rp 11,809,800	Rp 39,366,000	1	PEKERJAAN KANOPI RANGKA LUAR WF 200, ISI C-150, KOLOM WF 200	Rp 24,515,000	Rp 10,935,000	Rp 35,450,000
2	PEKERJAAN KOLAM + FINISHING ANDESIT + INSTALASI + POMPA	Rp 18,720,000	Rp 10,080,000	Rp 28,800,000	2	PEKERJAAN KOLAM + FINISHING ANDESIT + INSTALASI + POMPA	Rp 16,550,000	Rp 9,450,000	Rp 26,000,000
B	SUB TOTAL KANOPI DAN KOLAM	Rp 46,276,200	Rp 21,889,800	Rp 68,166,000	B	SUB TOTAL KANOPI DAN KOLAM	Rp 41,065,000	Rp 20,385,000	Rp 61,450,000
C	SUB TOTAL BANGUNAN INDUK + KOLAM + KANOPI	Rp 456,397,386	Rp 200,850,041	Rp 657,247,427	C	SUB TOTAL BANGUNAN INDUK + KOLAM + KANOPI	Rp 404,033,510	Rp 177,860,591	Rp 581,894,101

3.3.1. Standar Deviasi

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

Keterangan :

n : Jumlah Data

$\sum Xi^2$: Jumlah Nilai Kuadrat dari nilai min dan max

\bar{X}^2 : $(\frac{max+min}{n})^2 = \text{Mean Kuadrat}$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{2-1}\right) x(707.574.924.961.828.000 - (2 x 383.867.931.571.374.000))}$$

$$= Rp. 53.282.847$$

3.3.2. Absolute Error

$$\varepsilon = \text{Relative Error} \times \text{nilai yang diukur} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

Relative Error = 0,02

Nilai yang diukur = Mean (rata-rata)

$$\varepsilon = 0,02 \times 619.570.847$$

$$\varepsilon = Rp. 12.391.415$$

3.3.4. Nilai Replikasi

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

Keterangan :

N : Nilai Replikasi

σ : Standar Deviasi

ε : Absolute Error

$$N = \left(\frac{3 \times 53.282.847}{12.391.415}\right)^2$$

$$N = 13^2$$

$$N = 166$$

Untuk membangkitkan angka random masing-masing aktivitas pekerjaan dengan cara:

$$\text{RAND}() * (\text{nb} - \text{na}) + \text{na} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

na : rab min pekerjaan n

nb : rab max pekerjaan n

Terdapat nilai min dan max yang didapat dari aktivitas 1 hingga 9, yang nantinya nilai tersebut digunakan untuk menghitung frekuensi dan probabilitas sehingga dapat membantu untuk melihat hasil akhir simulasi [11].

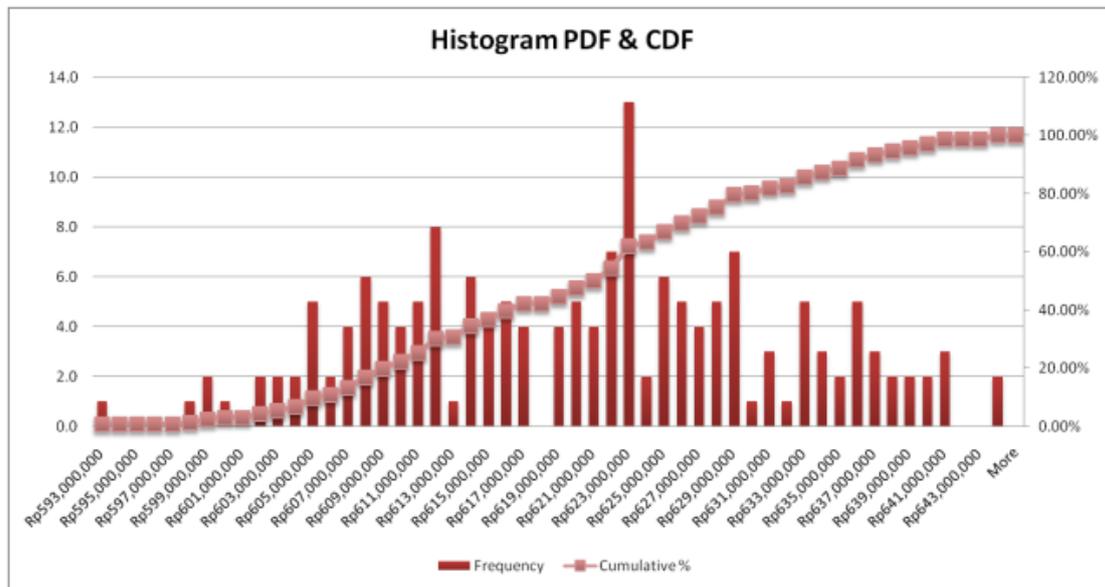
Table 7 Hasil Statistik Perhitungan dan Persentil

Mean	620367469.88
Standard Error	866195.80
Median	621500000.00
Mode	623000000.00
Standard Deviation	11160152.15
Sample Variance	124548995983149.00
Kurtosis	-0.75
Skewness	0.02
Range	51000000.00
Minimum	593000000.00
Maximum	644000000.00
Sum	102981000000.00
Count	166.00
Largest(1)	644000000.00
Smallest(1)	593000000.00
Confidence Level(95.0%)	1710256.47

Table 8 Hasil Simulasi Monte Carlo

NO.	HARGA	FREKUENSI	PROBABILITAS	PROB. KOMULATIF	TINGKAT KEPERCAYAAN
1	Rp 593,000,000	1	0.01	0.01	0.60%
2	Rp 594,000,000	0	-	0.01	0.60%
3	Rp 595,000,000	0	-	0.01	0.60%
4	Rp 596,000,000	0	-	0.01	0.60%
5	Rp 597,000,000	0	-	0.01	0.60%
6	Rp 598,000,000	1	0.01	0.01	1.20%
7	Rp 599,000,000	2	0.01	0.02	2.41%
8	Rp 600,000,000	1	0.01	0.03	3.01%
9	Rp 601,000,000	0	-	0.03	3.01%
10	Rp 602,000,000	2	0.01	0.04	4.22%
11	Rp 603,000,000	2	0.01	0.05	5.42%
12	Rp 604,000,000	2	0.01	0.07	6.63%
13	Rp 605,000,000	5	0.03	0.10	9.64%
14	Rp 606,000,000	2	0.01	0.11	10.84%
15	Rp 607,000,000	4	0.02	0.13	13.25%
16	Rp 608,000,000	6	0.04	0.17	16.87%
17	Rp 609,000,000	5	0.03	0.20	19.88%
18	Rp 610,000,000	4	0.02	0.22	22.29%
19	Rp 611,000,000	5	0.03	0.25	25.30%
20	Rp 612,000,000	8	0.05	0.30	30.12%
21	Rp 613,000,000	1	0.01	0.31	30.72%
22	Rp 614,000,000	6	0.04	0.34	34.34%
23	Rp 615,000,000	4	0.02	0.37	36.75%
24	Rp 616,000,000	5	0.03	0.40	39.76%
25	Rp 617,000,000	4	0.02	0.42	42.17%
26	Rp 618,000,000	0	-	0.42	42.17%
27	Rp 619,000,000	4	0.02	0.45	44.58%
28	Rp 620,000,000	5	0.03	0.48	47.59%
29	Rp 621,000,000	4	0.02	0.50	50.00%
30	Rp 622,000,000	7	0.04	0.54	54.22%
31	Rp 623,000,000	13	0.08	0.62	62.05%
32	Rp 624,000,000	2	0.01	0.63	63.25%
33	Rp 625,000,000	6	0.04	0.67	66.87%
34	Rp 626,000,000	5	0.03	0.70	69.88%
35	Rp 627,000,000	4	0.02	0.72	72.29%
36	Rp 628,000,000	5	0.03	0.75	75.30%
37	Rp 629,000,000	7	0.04	0.80	79.52%
38	Rp 630,000,000	1	0.01	0.80	80.12%
39	Rp 631,000,000	3	0.02	0.82	81.93%
40	Rp 632,000,000	1	0.01	0.83	82.53%
41	Rp 633,000,000	5	0.03	0.86	85.54%
42	Rp 634,000,000	3	0.02	0.87	87.35%
43	Rp 635,000,000	2	0.01	0.89	88.55%
44	Rp 636,000,000	5	0.03	0.92	91.57%
45	Rp 637,000,000	3	0.02	0.93	93.37%
46	Rp 638,000,000	2	0.01	0.95	94.58%
47	Rp 639,000,000	2	0.01	0.96	95.78%
48	Rp 640,000,000	2	0.01	0.97	96.99%
49	Rp 641,000,000	3	0.02	0.99	98.80%
50	Rp 642,000,000	0	-	0.99	98.80%
51	Rp 643,000,000	0	-	0.99	98.80%
52	Rp 644,000,000	2	0.01	1.00	100.00%
TOTAL		166			

Dapat dilihat biaya terendah dan tertinggi yang bisa menjadi pilihan bagi dalam menentukan Rancangan Anggaran Biaya. Untuk biaya terendah atau RAB Min yang bisa digunakan dalam proyek ini sebesar Rp. 593.000.000, dan biaya tertinggi atau RAB Max yang bisa digunakan dalam proyek ini sebesar Rp. 644.000.000.



Gambar 2 Grafik Hasil Simulasi Monte Carlo

Seperti pada biaya Rp. 598.000.000 memiliki tingkat kepercayaan sebesar 1,20%, pada biaya Rp. 623.000.000 memiliki tingkat kepercayaan sebesar 62,05%, dan pada biaya Rp. 636.000.000 memiliki tingkat kepercayaan sebesar 91,57% [12].

Pada hasil simulasi *Monte Carlo*, perusahaan dapat menekan cost proyek sesuai dengan memperhitungkan kebutuhan dan keuntungan pihak perusahaan, sehingga saat mengikuti pelelangan proyek bernilai besar dan dapat bersaing dengan kompetitor lainnya dengan memperhitungkan kerugian perusahaan maupun keuntungan dengan baik dan lebih terperinci.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- 1 Terdapat 21 potential risk pada proyek pembangunan rumah contoh type *Hook* kecil: Keterlambatan pengiriman material dari supplier dengan nilai RPN 175, Ongkos pengiriman material naik dengan nilai RPN 168, Kurangnya komunikasi personil proyek dengan nilai RPN 150, Kenaikan harga material yang tidak pasti dengan nilai RPN 126, Terjadinya bencana alam dengan nilai RPN 126, Kesalahan perhitungan jumlah material yang datang dengan nilai RPN 112, Proses produksi terhambat dengan nilai RPN 112, Target produksi tidak sesuai kontrak dengan nilai RPN 100, Adanya kecelakaan kerja dengan nilai RPN 96, Adanya produk cacat dengan nilai RPN 90, Adanya pemadaman listrik dan air secara tiba – tiba dengan nilai RPN 90, Adanya kerusakan pada alat kerja (mesin) dengan nilai RPN 60, Terdapat defect pada material dengan nilai RPN 45, Kesalahan penentuan struktur organisasi proyek dengan nilai RPN 42, Kesulitan mendapatkan material dengan nilai RPN 40, Kurangnya keamanan pada beberapa aktivitas kerja dengan nilai RPN 36, Kurang tepatnya perencanaan biaya dengan nilai RPN 30, Tidak tepat pemilihan jumlah personil proyek dengan nilai RPN 30, Kesalahan pada takaran komposisi material dengan nilai RPN 28, Kesalahan pada detail material dengan nilai RPN 24, Kurang jelasnya kebijakan dan prosedur keuangan dengan nilai RPN 20.
- 2 Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Risk Priority Number (FMEA)* dan dengan perhitungan RPN didapatkan risiko tertinggi pada proyek pembangunan rumah contoh type *Hook* kecil adalah kurang tepatnya perencanaan biaya proyek yang dilakukan oleh *Forest Cerme*, dengan nilai RPN sebesar 175. Risiko ini disebabkan karena perencanaan biaya yang dilakukan oleh masih dilakukan secara manual, sehingga menyebabkan pihak sering kali kalah dalam pelelangan proyek atau tidak bisa mendapatkan nilai proyek yang besar.

- 3 Dari hasil simulasi *Monte Carlo* terhadap model yang ada, dapat dilihat simulasi menghasilkan sebuah peramalan yang relatif akurat, hal ini dapat dilihat dari ukuran-ukuran statistik yang dihasilkan dari replikasi simulasi sebanyak 166 kali. Perusahaan memiliki opsi RAB terbaik sebesar Rp. 629.000.000 sebagai pilihan krena memiliki probabilitas dan tingkat kepercayaan yang paling baik.
- 4 Berdasarkan simulasi *Monte Carlo* yang telah dilakukan, dihasilkan range biaya terendah atau bisa digunakan sebagai RAB minimal adalah Rp 593.000.000 dengan tingkat kepercayaan 0,60% dan biaya tertinggi atau bisa digunakan sebagai RAB maksimal adalah Rp 629.000.000 dengan tingkat kepercayaan 79,52%.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai masukan bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah :

1. Saran bagi perusahaan
Forest crême dapat melakukan perencanaan biaya berdasarkan hasil dari proses simulasi *Monte Carlo* yang didapatkan, sehingga perusahaan dapat mengetahui range biaya minimal dan maksimal untuk menghindari kerugian, dan juga dapat harga penawaran terbaik pada saat pelelangan dengan tingkat kepercayaan yang telah didapatkan.
2. Saran bagi penelitian selanjutnya
Pada penelitian selanjutnya dapat mencari metode lain dalam melakukan simulasi, agar terdapat 2 atau lebih metode yang dilakukan sehingga hasil metode-metode tersebut bisa dibandingkan satu dengan lainnya sehingga semakin baik dalam pengambilan keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anityasari, M., & Wessiani, N. A. (2011). *Analisa Kelayakan Usaha*. Surabaya: Guna Widya.
- [2] Apriyan, J., Setiawan, H., & Ervianto, W. (2017). *Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Bangunan Gedung Dengan Metode FMEA*.
- [3] Santony, J. (2020). *Simulasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan Gantung dengan Metode Monte Carlo*.
- [4] Batuparan, D. S. (2001). *Kerangka Kerja Risk Management*. BE1 News. Dari, R. W., Defit, S., & Nurcahyo, G. W. (2020). *Simulasi Monte Carlo dalam Prediksi Tingkat Penjualan Produk HPAI*.
- [5] Prabowo, A., & Wiguna, I. P. (2016). *Analisa Risiko Pembongkaran Anjungan Lepas Pantai Di "ABC" Company Dengan Metode F.M.E.A*.
- [6] Arvin, Sandhyavitri, A., & Ikhsan, M. (2018). *Mitigasi Risiko Keterlambatan Proyek Perbaikan Tangki Minyak Mentah Di Duri Dengan Simulasi Monte Carlo*.
- [7] Irawan, D., Sumijan, & Nurcahyo, G. W. (2020). *Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Distribusi Kopi Starbuck*.
- [8] Muttaqin, A. Z., & Kusuma, Y. A. (2018). *Analisis Failure Mode and Effect Analysis Proyek X Di Kota Madiun*.
- [9] Maddeppungeng, A., Ujianto, R., & Fella, M. (2018). *Penerapan Metode Simulasi Monte Carlo Terhadap Risiko Finansial Proyek Kontruksi*.
- [10] Jufriyanto, M. (2020). *Peramalan Permintaan Keripik Singkong dengan Simulasi Monte Carlo*.
- [11] Drs. Bambang Pujiyono, M. (2017). *Konsep Manajemen Proyek*. Diambil kembali dari www.pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/ADPU4338-M1.pdf.

- [12] Dwita Mariana, C. (2017). Asesmen Risiko Berdasarkan Manajemen Risiko Korporat Terintegrasi (MRKT) Menurut ISO 31000 Bagi PT XYZ.
- [13] Rosih, A. R., Chori, M., & Yuniarti, R. (2015). Analisis Risiko Operasional Pada Departemen Operasional Dengan Menggunakan Metode FMEA.
- [14] Kwak, Y. H., & Ingall, L. (2007). Exploring *Monte Carlo* Simulation Applications for Project Management.
- [15] Hanafi, M. (2006). Manajemen Resiko. Yogyakarta.