

# Anna Rosytha

## ANALISA SIMULASI MONTE CARLO DALAM EVALUASI PERCEPATAN PROYEK KONSTRUKSI

 Quick Submit

 Quick Submit

 Universitas Muhammadiyah Surabaya

---

### Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3187727984

Submission Date

Mar 19, 2025, 1:19 PM GMT+7

Download Date

Mar 19, 2025, 1:21 PM GMT+7

File Name

BAB\_12\_ANALISA\_MONTE\_CARLO.pdf

File Size

402.8 KB

13 Pages

3,283 Words

20,039 Characters

# 9% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 0%  Internet sources
- 9%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags

### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Top Sources

- 0% Internet sources
- 9% Publications
- 0% Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Publication	Agung Purnomo, Azrai Sirait. "IMPLEMENTASI METODE MONTE CARLO DAN CLUS...	2%
2	Publication	Abdussalam Al Akbar, Hendri Alamsyah, Riska Riska. "Simulasi Prediksi Jumlah M...	<1%
3	Publication	Naimeh Sadeghi, Mohammad Saied Dehghani, Armann Ingolfsson. "Choice of Pro...	<1%
4	Publication	Sahda Aulia, Setiono Setiono, Muji Rifai. "Cost and Duration Optimization at Build...	<1%
5	Publication	Bimantara Panji Saputra, Fahmy Ardiansyah, Soffiana Agustin. "Efectiveness Co...	<1%
6	Publication	Pooja Deshmukh, Neela Rajhans. "Comparison of Project Scheduling techniques: ...	<1%
7	Publication	Frederick Harrison, Dennis Lock. "Advanced Project Management - A Structured A...	<1%
8	Publication	Gul Polat, David Arditi, Glenn Ballard, Ugur Mungen. "Economics of on-site vs. off...	<1%
9	Publication	Sabita An Nafisah, Fauziah Afriyani, Try Wulandari. "Pengaruh Stress Kerja dan B...	<1%
10	Publication	Tsalist Iluk, Ahmad Ridwan, Sigit Winarto. "Penerapan Metode CPM Dan PERT Pad...	<1%
11	Publication	Anelia Dewi Agata, Sri Budi Purwaningsih. "Kekeliruan Hakim dalam Memutus Pe...	<1%

12	Publication	Febryna Rachmadani. "The Effect of Inquiry Social Complexity (ISC) Learning Mod...	<1%
13	Publication	Is Sejati Wuni, Sri Uchtiawati. "Pengaruh Penggunaan Pop Up Book Sebagai Medi...	<1%
14	Publication	Sri Haryani, Junaiti Sahar, Sukihananto Sukihananto. "Penyuluhan Kesehatan Lan...	<1%
15	Publication	Budhi Setiawan, Ridwan Usman. "OPTIMALISASI PENJADWALAN PROYEK DENGGA...	<1%

## BAB 12

# ANALISA SIMULASI MONTE CARLO DALAM EVALUASI PERCEPATAN PROYEK KONSTRUKSI

### 12.1. Pendahuluan

Salah satu indikator keberhasilan suatu proyek adalah ketika proyek berjalan sesuai dengan target waktu pelaksanaan yang direncanakan sebelumnya. Selain itu, total durasi proyek menentukan penggunaan dan pengelolaan sumber daya yang efisien untuk mencapai tujuan proyek dengan mutu yang baik. Oleh karena itu, perencanaan jadwal proyek yang dapat memperhitungkan resiko serta ketidakpastian merupakan salah satu tantangan utama dalam manajemen proyek (Trumper & Virine, 2011).

Monitoring merupakan suatu kegiatan dalam pengendalian dan pengawasan suatu proyek yang bertujuan mengamati kegiatan-kegiatan pokok dari suatu hasil pekerjaan. Monitoring terhadap biaya dan jadwal pada suatu proyek yang sedang berlangsung dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan yang terjadi antara rencana dan pelaksanaan proyek. Kegiatan monitoring harus selalu dilakukan dalam pelaksanaan proyek agar kegiatan dalam proyek berjalan sesuai rencana yang diharapkan. Keterlambatan suatu kegiatan dalam proyek akan mempengaruhi kegiatan yang lain yang menyertainya, sehingga perlu adanya monitoring agar dapat diketahui sejauh apakah pengaruh keterlambatan tersebut terhadap kegiatan-kegiatan lain dalam proyek dan terhadap keseluruhan proyek. Pada umumnya, kegiatan monitoring suatu proyek dilakukan dengan menggunakan kurva s yang berisi daftar pekerjaan dan bobot biaya setiap pekerjaan yang memiliki sumbu persentase kumulatif dan waktu pelaksanaan yang nantinya akan dibandingkan antara jadwal dan pelaksanaan di lapangan berdasarkan laporan proyek. Akan tetapi dengan penggunaan kurva s tidak dapat mengetahui pengaruh antar aktivitas dan pengaruh keterlambatan suatu aktivitas terhadap keseluruhan proyek.

10 Terdapat beberapa metode dalam penjadwalan dan pengendalian waktu pelaksanaan suatu proyek diantaranya metode critical path method (CPM) dan metode program evaluation and review technique (PERT), yang merupakan variasi dari CPM dengan menggunakan waktu secara probabilistik untuk mengestimasi durasi aktivitas pekerjaan, namun demikian dari dua metode tersebut masih dianggap kurang akurat untuk memperhitungkan ketidakpastian durasi proyek secara keseluruhan karena durasi yang dihasilkan dalam bentuk deterministik yang kurang sesuai dengan sifat proyek konstruksi yang unik, dinamis dan cenderung kompleks (Prajoko & Manurung, 2018).

2 Salah satu metode lain yang dapat digunakan adalah dengan simulasi Monte Carlo. Simulasi ini merupakan metode yang pengambilan sampelnya dilakukan secara acak dari setiap distribusi probabilitas dalam suatu model untuk menghasikan ratusan ataupun ribuan iterasi. Dalam bidang konstruksi, simulasi

ini dapat digunakan untuk menentukan durasi penyelesaian proyek dan perkiraan biaya total dari suatu proyek (Acebes et al., 2015). Penelitian ini dilakukan untuk meneliti apakah penggunaan simulasi Monte Carlo dalam penjadwalan proyek dapat menghasilkan prediksi penjadwalan yang dapat memperhitungkan ketidakpastian-ketidakpastian serta mendapat distribusi yang paling sesuai untuk digunakan berdasarkan data historis masa lalu. Monte Carlo adalah sebuah teknik sampling statistik yang digunakan untuk memperkirakan solusi terhadap masalah-masalah kuantitatif yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam penyusunan penjadwalan suatu proyek. Dengan metode Monte Carlo dapat diteliti apakah penyusunan penjadwalan suatu proyek sudah memperkirakan waktu yang aman menurut estimasi waktu dari pihak yang bersangkutan.

## 12.2. Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo adalah salah satu jenis dari simulasi yang bergantung pada pengambilan sampel secara acak dan berulang yang kemudian dianalisis secara statistik untuk mengolah hasil. Metode ini berkaitan erat dengan eksperimen secara acak yang mana eksperimen tersebut belum memiliki hasil yang spesifik (Raychaudhuri, 2008). Monte Carlo adalah simulasi tipe probabilitas yang mendekati solusi sebuah masalah dengan melakukan  $s$  dari proses acak. Monte Carlo melibatkan penetapan distribusi pengambilan sampel acak dari distribusi untuk menghasilkan data. Ketika sistem terdapat elemen-elemen yang memperlihatkan perilaku yang cenderung tidak pasti atau probabilistik maka metode simulasi Monte Carlo dapat diterapkan. Dasar teknik Monte Carlo adalah mengadakan percobaan probabilistik melalui sampling random. Istilah Monte Carlo telah menjadi sinonim dengan simulasi probabilitas. Namun secara sempit metode Monte Carlo dapat didefinisikan sebagai suatu teknik untuk memilih angka-angka secara acak dari suatu distribusi probabilitas untuk digunakan dalam suatu distribusi probabilitas untuk digunakan dalam suatu percobaan dari suatu simulasi.

Untuk melakukan simulasi Monte Carlo, sebuah sampel diambil berdasarkan distribusi yang ditentukan. Masing-masing sampel tersebut kemudian diiterasi biasanya sebanyak 100 –100.000 percobaan untuk memperoleh hasilnya (Button, 2003). Bagian penting dalam proses simulasi adalah dalam pemilihan distribusi yang tepat untuk mewakili ketidakpastian setiap faktor resiko dan ini dapat diturunkan dengan menggunakan data historis atau penilaian dari manajer resiko (Koulinas et al., 2020).

Metode Monte Carlo merupakan pendekatan khusus yang sangat berguna untuk mensimulasikan situasi yang mengandung resiko sehingga diperoleh jawaban-jawaban perkiraan yang tidak dapat diperoleh dari penelitian-penelitian secara fisik atau dari penggunaan analisis matematika. Proses Monte Carlo dalam memilih angka acak berdasarkan distribusi probabilitas bertujuan untuk menentukan variabel acak melalui uji sampel dari distribusi probabilitas. Metode Monte Carlo bertitik tolak pada generalisasi fakta-fakta yang terjadi dengan mempresentasikan ke dalam bilangan acak dan distribusi probabilitas kumulatif. Munculnya

nilai bilangan acak yang dapat dilakukan dengan generator bilangan acak seperti Linier Congruential Generator, Multiplivative Random Number Generator ataupun Mixed Congruential Random Number Generator. Distribusi probabilitas kumulatif dari sampel data diperhitungkan dari data empiris atau data statistik di lapangan. Bilangan acak yang dihasilkan dari generator bilangan acak yang dapat dimunculkan sesuai dengan digit data. Untuk digit tunggal, bilangan acak diawali dari bilangan 0 sampai 9. Jika diperlukan digit ganda, bilangan acak diawali dari 00 sampai 99, dan seterusnya. Dapat ditentukan sembarang. Metode dalam analisis sistem nyata dengan Monte Carlo dibutuhkan uji coba yang berulang-ulang untuk mendapatkan variasi sampling data ke tingkat akurasi yang paling rendah sehingga jawaban yang diharapkan akan memiliki tingkat ketelitian tinggi. Agar hal tersebut dapat dilakukan dengan baik, diperlukan komputer digital dan pengaksesan data-data yang diperhitungkan.

Distribusi probabilitas dalam sistem persediaan bersifat kontinu sehingga pembangkitan angka acak akan bersifat pada alokasi probabilitas dari tingkat permintaan yang dibatasi dalam sebuah distribusi frekuensi kumulatif. Meskipun demikian tetap harus diperhatikan kesulitan potensial yang disebabkan oleh kenyataan bahwa mensimulasikan setiap sistem hanya satu kali sehingga hasil simulasi tersebut dapat menampilkan variasi yang signifikan. Satu-satunya cara untuk memperoleh keyakinan atas akurasi hasil adalah dengan mensimulasikan setiap sistem beberapa kali dan menghitung hasil rata-rata. Kemudian untuk membandingkan hasil simulasi dengan hasil analitis, kadangkala sulit untuk mengesahkan hasil dari model simulasi apakah sudah sesuai dengan keadaan tetap. Cara yang dapat dilakukan adalah dengan membandingkan hasil simulasi dengan nilai ekspektasi atau dengan melakukan validasi dari data historik yang diperoleh sebelumnya. Meskipun demikian, simulasi paling sering digunakan pada saat analitis tidak memungkinkan (ini merupakan salah satu alasan mengapa umumnya simulasi bermanfaat) kondisi tersebut terjadi jika tidak ada standar perbandingan analitis, dengan penyerahan hasil menjadi semakin sulit.

Monte Carlo membuat sebuah model probabilistik dari kondisi nyata dan kemudian memperagakan eksperimen dengan sampling pada model tersebut. Metode ini membangkitkan sejumlah besar bilangan dari data yang mungkin saja memerlukan waktu yang lama untuk menerapkannya setelah pembangkitan dari data, dapat dilakukan analisis komputasi dan solusi masalah dapat diturunkan. Tahapan utama dalam simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan distribusi probabilitas yang diketahui dari beberapa variabel kunci. Distribusi itu mungkin distribusi yang standar seperti distribusi poisson, normal, atau eksponensial atau mungkin distribusi empiris yang diturunkan dari data historis.
- b. Mengubah distribusi frekuensi ke dalam distribusi probabilitas kumulatif. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa hanya satu nilai variabel yang diwakili oleh bilangan acak yang di berikan.
- c. Mengambil sampel secara acak dari distribusi kumulatif untuk menentukan nilai variabel yang spesifik untuk digunakan dalam simulasi. Cara untuk mengambil sampel adalah dengan

2

menggunakan tabel bilangan random. Bilangan acak dimasukkan ke dalam distribusi probabilitas kumulatif untuk menghasilkan nilai variabel yang spesifik untuk tiap observasi. Urutan dari bilangan acak yang dipakai akan menggantikan pola dari variasi yang diharapkan untuk ditemui.

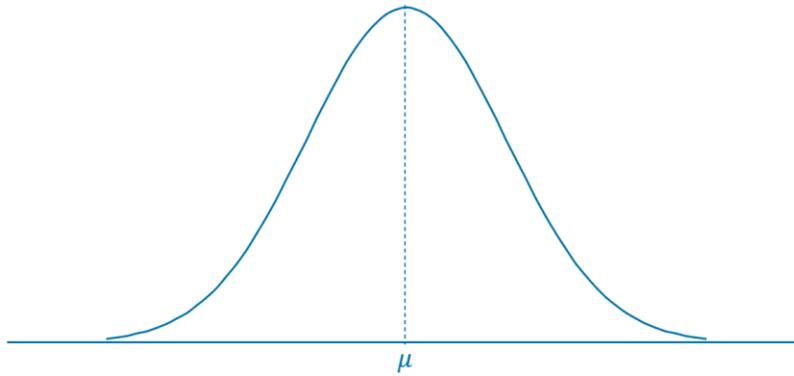
- d. Mensimulasikan operasi yang dianalisis dalam jumlah replikasi yang sesuai dibutuhkan dalam kondisi yang sama seperti ukuran sampel yang sesuai pada percobaan aktiah dunia nyata. Tes signifikansi dengan statistik yang biasa dapat digunakan dalam tahap ini. Dengan simulasi menggunakan komputer, besar sampel dapat sangat besar dan kadang untuk menjalankan sampel yang sangat besar, sangat ekonomis dan dengan kesalahan yang sangat kecil.

13 Menurut (Wyrozębski & Wyrozębska, 2013), langkah-langkah untuk melakukan simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut :

1. Merumuskan ruang lingkup masalah dan tujuan analisis
2. Identifikasi sumber daya untuk elemen dan parameternya serta memperoleh data
3. Pemodelan masalah yang akan dianalisis dalam software simulasi Monte Carlo
4. Penentuan parameter simulasi
5. Melakukan simulasi
6. Analisis data

### 9 12.3. Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan salah satu jenis distribusi variabel acak kontinu. Pada distribusi normal terdapat kurva berbentuk lonceng atau grafik. Persamaan distribusi normal diantaranya sebagai fungsi densitas. Distribusi normal dengan fungsi probabilitas ini kemudian yang akan menunjukkan distribusi atau penyebaran suatu variabel. Parameter yang digunakan pada distribusi normal adalah mean dan standar deviasi. Nilai mean umumnya digunakan sebagai pusat distribusi atau penyebaran nilai lainnya. Nilai ini kemudian akan menentukan lokasi titik puncak dalam suatu kurva lonceng, sementara nilai-nilai lainnya sengaja dibuat menyebar mengikuti rata-rata. Sedangkan standar deviasi sebagai perhitungan variabilitas berfungsi sebagai penentu lebar suatu kurva distribusi normal. Standar ini juga dapat menghitung seberapa jauh kecenderungan data akan melebar dari nilai rata-rata sebagai titik usatnya. Contoh dari penggunaan distribusi normal adalah pendapatan sales, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan yang terdiri dari beberapa pekerjaan.



Gambar 1. Kurva distribusi normal

#### 12.4. Fitted Distribution

Menurut (Charnes, 2012), fitted distribution atau dapat disebut penyesuaian distribusi adalah penyesuaian distribusi yang disesuaikan dengan serangkaian data yang digunakan untuk pengukuran berulang. Tujuan utama dari distribusi ini adalah untuk memprediksi probabilitas dari serangkaian data yang digunakan untuk proses simulasi. Distribusi ini memberikan distribusi yang paling tepat untuk digunakan sehingga dapat memberikan hasil prediksi yang terbaik. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menentukan distribusi yang paling tepat digunakan adalah dengan menggunakan teknik goodness of fit. Teknik ini membuat peringkat kecocokan dari berbagai distribusi sehingga pengguna dapat menentukan distribusi mana yang paling tepat digunakan, salah satunya adalah goodness of fit Anderson Darling. Goodness of fit Anderson Darling mengukur area antara fitted line (berdasarkan distribusi normal) dengan fungsi distribusi empiris (berdasarkan data). AD value digunakan untuk memperhitungkan P Value. P Value digunakan untuk menghitung probabilitas data terhadap hipotesis nol.

#### 12.5. Contoh Kasus

Contoh kasus pada bahasan ini adalah proyek pembangunan saluran irigasi tersier di desa Karang Kecamatan bareng Kabupaten Jombang rovinsi Jawa Timur tahun anggaran 2019 dengan Biaya pekerjaan sebesar Rp. 195.000.000,- (Seratus Sembilan Puluh Lima Juta Rupiah) dengan jangka waktu pelaksanaan 120 hari kalender. Simulasi Montecarlo pada kasus ini menggunakan program bantu Microsoft Excel. Perincian item pekerjaan dan jangka waktu pelaksanaan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

14

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Proyek

No	Item pekerjaan	Durasi	Waktu Pelaksanaan (minggu)																
			Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Pekerjaan Persiapan	21	■	■	■														
2	Pekerjaan Galian tanah	30			■	■	■	■											
3	Pekerjaan Pasangan Batu	56					■	■	■	■	■	■	■	■					
4	Pekerjaan Plesteran dan Acian	35										■	■	■	■	■	■	■	
5	Perapian Lapangan	14																■	■

Dengan metode pelaksanaan :

- Pekerjaan persiapan (1) merupakan predesesor dari pekerjaan galian tanah (2) dengan hubungan Finish to Start dengan pekerjaan galian dikerjakan setelah pekerjaan persiapan selesai 67%,
- Pekerjaan galian tanah (2) merupakan predesesor dari pekerjaan pasangan batu (3) dengan hubungan Finish to Start dengan pekerjaan pasangan batu dikerjakan setelah pekerjaan galian selesai 50%,
- Pekerjaan pasangan batu (3) merupakan predesesor dari pekerjaan plesteran dan acian (4) dengan hubungan Finish to Start dengan pekerjaan plesteran dan acian dikerjakan setelah pekerjaan pasangan batu selesai 50%,
- Pekerjaan plesteran dan acian (4) merupakan predesesor dari pekerjaan perapian (5) dengan hubungan Finish to Start dengan pekerjaan perapian dikerjakan setelah pekerjaan plesteran dan acian selesai 80%,

Variabel durasi dari masing – masing aktifitas pekerjaan selanjutnya akan disimulasikan dengan asumsi berdasarkan kapasitas kerja dari tenaga kerja di masa lalu.

Tabel 2. Simulasi aktifitas masing-masing pekerjaan

Aktifitas	Durasi minimum	Durasi Maksimum
1	14	28
2	21	35
3	49	63
4	28	42
5	7	21
Penyelesaian	90	131

Tabel 3. Durasi minimum proyek

Aktifitas	Durasi	Waktu Pelaksanaan (minggu)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	14	■	■										
2	21			■	■	■							
3	49					■	■	■	■	■	■		
4	28									■	■	■	
5	7												■

Tabel 4. Durasi maksimum proyek

Aktifitas	Durasi	Waktu Pelaksanaan (minggu)																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	28	■	■	■	■															
2	35				■	■	■	■	■											
3	63							■	■	■	■	■	■	■	■	■				
4	42											■	■	■	■	■	■	■		
5	21																	■	■	■

Menentukan jenis distribusi probabilitas setiap variabel yang akan disimulasikan

1. Distribusi normal, jika probabilitas variabel terjadi berada di antara nol (0) dan satu (1)
2. Distribusi seragam (uniform), jika probabilitas variabel terjadi memiliki kesempatan yang sama
3. Distribusi triangular, jika probabilitas variabel terjadi berdasarkan pada kategori minimum/jarang terjadi, menengah/mungkin terjadi, dan maksimum/sering terjadi.

Untuk menentukan distribusi mana yang akan digunakan dalam simulasi dibutuhkan pengetahuan yang baik mengenai karakteristik data variable yang disimulasikan. Contoh pada kasus ini, distribusi yang digunakan di setiap variabel adalah distribusi normal karena berdasarkan data variabel, probabilitas setiap tahap waktu proyek berada di antara nilai durasi minimum dan nilai durasi maksimum.

Perlu diketahui bahwa distribusi probabilitas mengikat setiap variabelnya. Dalam teknik MCS, distribusi setiap variabel mungkin saja berbeda tergantung dari karakteristik data yang diperoleh dari data masa lalu. Jadi, dalam teknik MCS penggabungan dua atau tiga jenis distribusi yang berbeda sangat mungkin dilakukan.

### 12.5.1. Menghitung nilai acak di setiap aktivitas

Untuk menghitung nilai acak, gunakan alat bantu spreadsheet atau software tertentu untuk mempermudah perhitungan.

Tabel 5. Nilai acak

Aktifitas	1	2	3	4	5	Penyelesaian
Durasi Maksimum	28	35	63	42	21	131
Durasi minimum	14	21	49	28	7	90
Nilai Acak						
Iterasi ke .....1	20.966	29.987	52.182	33.874	19.082	120.234

Pada Tabel 5, Nilai acak diperoleh dengan memperhatikan distribusi normal yang telah ditetapkan sebelumnya. Berdasarkan distribusi normal, variable terdistribusi di antara durasi waktu maksimum dan durasi waktu minimum. Dengan demikian, variabel ke-1 terdistribusi antara nilai 14 dan 28, begitu pun untuk variable lainnya. Untuk kasus tersebut, dengan menggunakan Microsoft Excel, dapat dihitung dengan formula:  $RAND() * (\text{durasi waktu maksimum} - \text{durasi waktu minimum}) + \text{durasi waktu minimum}$ . Sedangkan untuk perhitungan nilai acak sederhana atau nilai acak antara nol (0) dan satu (1), hanya perlu menggunakan formula:  $RAND()$ .

Nilai acak di atas adalah contoh berdasarkan perhitungan yang dilakukan saat ini. Jika diulangi perhitungan tersebut dengan data yang sama, nilai acak yang dihasilkan juga akan berbeda.

### 12.5.2. Menentukan jumlah iterasi dalam simulasi

Teknik MCS melakukan simulasi variabel secara berulang. Pengulangan atau iterasi dapat dilakukan dalam ratusan bahkan ribuan kali tergantung variable yang sedang ditinjau. Penentuan jumlah iterasi dapat dilakukan dengan cara:

1. Menggunakan asumsi logis dari pakar terkait atau bahasa pemrograman dari alat bantu/software yang digunakan, misalnya untuk memperoleh tingkat validitas sampai dengan 99% maka diperlukan iterasi sebanyak 1000 kali untuk masing-masing variabel.
2. Menggunakan formula nilai kesalahan ( $\epsilon$ ). Teknik MCS dapat memprediksi nilai kesalahan pada jumlah iterasinya. Formula nilai kesalahan adalah sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{3\sigma}{\sqrt{N}}$$

Di mana:

$\varepsilon$  = Nilai error

$\sigma$  = Deviasi standar

N = Jumlah iterasi

Berdasarkan formula tersebut, langkah pertama untuk menghitung iterasi adalah hitung nilai deviasi standar ( $\sigma$ ) dari variabel yang akan diuji. Deviasi standar dihitung untuk mengukur sebaran data dari variabel tersebut. Pada contoh variabel di Tabel 1, deviasi standar dihitung berdasarkan total durasi waktu minimum (90), total durasi waktu maksimum (91), dan rata-rata dari nilai-nilai tersebut. Untuk menghitungnya, dapat menggunakan formula sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_{1,2} - \mu)^2}{N}}$$

Di mana:

$x_{i,2}$  = Setiap nilai dari populasi ke i dan ke 2

$\mu$  = Rata-rata populasi

N = Jumlah populasi

Di mana:

$x_1, x_2 = 90$  (durasi waktu minimum), 131 (durasi waktu maksimum)

$\mu = (90 + 131)/2 = 110.50$

N = 2 (durasi waktu minimum dan durasi waktu maksimum)

Berdasarkan formula tersebut, diperoleh deviasi standar ( $\sigma$ ) = 20,5

Kemudian, langkah selanjutnya adalah tentukan total nilai kesalahan absolut yang masih dapat diterima dari seluruh pengukuran. Misalnya, menentukan nilai kesalahan absolut  $\leq 1\%$  artinya toleransi kesalahan yang sangat kecil dari setiap nilai acak yang dibangkitkan dalam simulasi. Maka, perlu dihitung :

$$\varepsilon = \frac{\mu}{\left(\frac{1}{0.01}\right)}$$

Di mana:

$\mu = (90 + 131)/2 = 110,5$

Nilai 0,01 adalah nilai kesalahan absolut

Maka berdasarkan formula tersebut, nilai kesalahan ( $\epsilon$ ) = 1,105

Setelah Anda memperoleh nilai deviasi standar ( $\sigma$ ) dan nilai kesalahan ( $\epsilon$ ),selanjutnya Anda dapat menghitung jumlah iterasi yang diperlukan untukmenghasilkan nilai kesalahan  $\leq 1\%$  dengan formula nilai kesalahan sepertiyang telah dijelaskan di atas, yaitu:

$$\epsilon = \frac{3 \sigma}{\sqrt{N}}$$

Maka :

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

Diperoleh :

$$N = \left(\frac{3 \times 20.5}{1.105}\right)^2 = 3097$$

Hasil dari perhitungan matematis, diperlukan 3097 kali iterasi dalam proses simulasi.

Perhitungan nilai acak sebanyak iterasi yang telah ditentukan. Di tahap ini dilakukan perhitungan nilai acak sebanyak 3097 kali untuk setiap variabel yang disimulasikan.

Tabel 6. Simulasi nilai acak dengan jumlah iterasi

Aktifitas	1	2	3	4	5	Penyelesaian
Durasi Maksimum	28	35	63	42	21	131
Durasi minimum	14	21	49	28	7	90
Nilai Acak						
Iterasi ke 1	20.966	29.987	52.182	33.874	19.082	120.234
Iterasi ke 2	17.766	30.869	60.135	41.813	18.633	123.361
Iterasi ke 3	14.377	24.819	60.654	37.813	18.381	117.801
Iterasi ke 4	19.043	31.764	52.286	41.024	8.125	129.989
Iterasi ke 5	17.759	26.910	60.416	28.514	14.66	124.757
Iterasi ke 6	27.169	29.392	55.792	32.867	10.611	129.648
Iterasi ke 7	19.820	26.165	49.816	33.657	8.259	121.947
Iterasi ke 8	17.147	28.367	49.150	41.588	20.345	117.541
Iterasi ke 9	19.355	23.372	62.909	29.372	14.838	123.778
Iterasi ke 10	24.956	34.759	58.466	31.142	15.751	95.306
Iterasi ke ....	...	...	...	...	...	...
Iterasi ke 3097	15.653	31.451	52.537	32.034	17.228	92.386

### 12.5.3. Analisa hasil simulasi

Setelah simulasi dengan membangkitkan nilai acak sebanyak iterasi yang telah ditentukan sebelumnya, kemudian dibuat analisis dari hasil simulasi tersebut dengan menentukan kembali durasi minimum dan durasi maksimum, menghitung mean ( $\bar{x}$ ), dan menghitung deviasi standar ( $\sigma$ ).

Tabel 7. Analisa hasil simulasi

Keterangan	Hasil Perhitungan	Pembulatan
Durasi Maksimum	129.989	130
Durasi Minimum	92.386	93
Rata-rata (mean)	111.699	112
Standar Deviasi ( $\sigma$ )	11.03	11

Jika melihat data analisis di tabel 4, dapat dibuat kesimpulan yang sederhana, misalnya, merujuk pada data tersebut durasi minimum proyek adalah 93 hari dan durasi maksimum adalah 130 hari, sementara durasi proyek yang paling ideal adalah 112 hari, dengan deviasi antara kurang 11 hari atau lebih 11 hari dari durasi paling ideal tersebut.

Dari simulasi di atas maka percepatan yang paling mungkin bisa dilakukan adalah sebesar 8 hari dari jadwal semula 120 hari menjadi 112 hari

## Daftar Pustaka

- 15 Misrali et al., 2015, Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Kelas di Fakultas Ekonomi Universitas Jember dengan Metode Pert, Artikel Ilmiah Mahasiswa.
- 7 Project Management Institute, 2000, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) 2000 Edition, Newton Square, PA 19073-3299 USA.
- 5 Raharja, I., 2014, Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT di PT Hasana Damai Putra Yogyakarta pada Proyek Perumahan Tirta Sani, Jurnal BENTANG, 2 (1).
- 3 Button, S. D. (2003). "Project Duration Prediction Using a Monte Carlo Simulation of the Periodic Output of the Project Resources". Monte Carlo Methods and Applications, 9(3), 217–225. <https://doi.org/10.1163/156939603322728987>
- Koulinas, G. K., Xanthopoulos, A. S., Tsilipiras, T. T., & Koulouriotis, D. E. (2020). "Schedule Delay Risk Analysis in Construction Projects with a Simulation-Based Expert System". Buildings, 10(8). <https://doi.org/10.21071/CCO.V17I0.1115>
- 6 Na, W., Wuliang, P., & Hua, G. (2014). "A Robustness Simulation Method of Project Schedule Based on the Monte Carlo Method". Open Cybernetics and Systemics Journal, 8(1), 254–258. <https://doi.org/10.2174/1874110x01408010254>
- 4 Prajoko, A., & Manurung, E. (2018). "Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus Pembangunan Gedung di Bintaro, Jakarta)". Seminar Nasional Cendekiawan Ke 4 Tahun 2018, 4(1), 27–32.
- 8 McCabe, B. .,2003, Monte Carlo Simulation For Schedule Risks. Paper presented at the Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference.
- Sukirno. (2015). "Analisis Resiko Waktu di Proyek Konstruksi Studi Kasus Proyek Ampuh Pressure Maintenance di Duri, Riau". Rekayasa Sipil, vol. 9, no. 3, 2015

## BIODATA PENULIS



Anna Rosytha, lahir di Surabaya 23 Desember 1979, Alumni Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, yang saat ini aktif sebagai Tenaga Pengajar di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surabaya.