

Simulasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan Gantung dengan Metode Monte Carlo

Julius Santony✉

Universtas Putra Indonesia YPTK Padang
juliussantony@yahoo.co.id

Abstract

The scheduling of a suspension bridge construction project is very influential in determining the success of construction which has risks and uncertainties in the construction of a suspension bridge. So we need a suspension bridge project scheduling to predict the work schedule for each suspension bridge construction activity. To overcome all the risks and uncertainties in the construction of a suspension bridge, a Monte Carlo method simulation is needed to process 10 activities in a suspension bridge construction project. The accuracy rate using Monte Carlo simulation is 93.99% for predictions for 2017, 2018 for 98.77% and 86.75% for 2019. So this Monte Carlo simulation can be used in predicting the scheduling of a suspension bridge construction project.

Keywords: Simulation, Monte Carlo, Scheduling, Project, Suspension Bridge.

Abstrak

Penjadwalan proyek pembangunan jembatan gantung sangat berpengaruh untuk menentukan keberhasilan konstruksi yang memiliki risiko dan ketidakpastian dalam pembangunan jembatan gantung. Maka diperlukan suatu penjadwalan proyek jembatan gantung untuk memprediksi jadwal pengerjaan setiap kegiatan pembangunan jembatan gantung. Untuk mengatasi semua risiko dan ketidakpastian dalam pembangunan jembatan gantung diperlukan Simulasi metode Monte Carlo untuk mengolah 10 kegiatan yang ada pada proyek pembangunan jembatan gantung. Tingkat akurasi menggunakan simulasi Monte Carlo adalah 93,99 % untuk prediksi tahun 2017, tahun 2018 sebesar 98,77% dan 86,75% untuk tahun 2019. Sehingga simulasi Monte Carlo ini dapat digunakan dalam memprediksi penjadwalan proyek pembangunan jembatan gantung.

Kata Kunci: Simulasi, Monte Carlo, Penjadwalan, Proyek, Jembatan Gantung.

© 2020 JiDT

1. Pendahuluan

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi bangsa Indonesia, geliat pembangunan diberbagai sektor berkembang sangat pesat. Kegiatan pembangunan ini berupa proyek-proyek, misalnya proyek pembangunan tempat usaha, proyek gudang, proyek konstruksi, proyek infrastruktur, proyek pengembangan suatu produk, proyek radio telekomunikasi, dan lain-lain. Dengan keterbatasan waktu dan sumber daya yang sudah dirancang, proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan dan hasil proyek harus sesuai dengan yang direncanakan. Karena keberhasilan sebuah proyek dilihat dari ketepatan waktu dalam menyelesaikan proyek tersebut [1].

Proyek pada umumnya memiliki keterbatasan dari segi waktu dan sumber daya, hampir semua proyek dipengaruhi oleh risiko dan ketidakpastian. Risiko ketidakpastian ini menyebabkan penundaan proyek, pembengkakan (*overruns*) biaya, dan bahkan kegagalan proyek. Oleh karena itu, menciptakan jadwal proyek yang akurat yang mencerminkan potensi risiko dan ketidakpastian tetap menjadi salah satu tantangan utama dalam manajemen proyek. Cara yang formal untuk memasukkan ketidakpastian pada

penjadwalan adalah dengan menganalisis penjadwalannya secara probabilistik [2].

Penjadwalan proyek berperan penting dalam memastikan keberhasilan proyek, oleh karena itu semua risiko dan juga ketidakpastian harus dipertimbangkan selama pengerjaan proyek, untuk mengatur dan menyelesaikan proyek secara cepat dan tepat waktu anda perlu menjadwalkan proyek dengan hati-hati. Tujuan dari penjadwalan proyek supaya kita dapat menentukan probabilitas penyelesaian proyek dalam batas yang ditentukan [3].

Monte Carlo adalah simulasi tipe probabilitas yang mendekati solusi sebuah masalah dengan melakukan sampling dari proses acak [4]. Monte Carlo melibatkan penetapan distribusi probabilitas dari sebuah variable yang dipelajari dan kemudian dilakukan pengambilan sampel acak dari distribusi untuk menghasilkan data. Ketika sistem terdapat elemen-elemen yang memperlihatkan perilaku yang cenderung tidak pasti atau probabilistik maka metode simulai Monte Carlo sapat diterapkan[5].

Simulasi Monte Carlo berperan penting dalam sebuah manajemen proyek, yang mana simulasi Monte Carlo

biasanya digunakan untuk memprediksi kapan sebuah proyek diselesaikan dan juga menghitung seluruh biaya proyek yang nantinya akan dikeluarkan dalam pengerjaan suatu proyek, sehingga simulasi Monte Carlo sangat membantu dalam memprediksi penjadwalan suatu proyek. Penjadwalan proyek adalah kegiatan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja serta waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktivitas. Dalam konteks penjadwalan, terdapat dua perbedaan, yaitu waktu (*Time*) dan kurun waktu [6]. Seringnya terjadi ketidakpastian dalam durasi suatu tugas, oleh karena banyak orang memperhatikan ketahanan rencana proyek ketika menjadwalkan proyek.

Metode Monte Carlo digunakan untuk memprediksi perencanaan proyek, metode ini sangat membantu manajer proyek untuk menentukan risiko durasi proyek dan melakukan kegiatan-kegiatan yang harus diperhatikan dalam suatu proyek. Metode Monte Carlo tidak hanya digunakan dalam penjadwalan proyek, akan tetapi bisa juga digunakan dalam matematika, fisika dan sains untuk memperkirakan dan menganalisis data dan sekarang menjadi alat standar dalam menganalisis masalah bisnis dan keuangan. Penelitian terdahulu salah satunya mengguakan teknik Monte Carlo sebagai bagian utama dan mudah diterapkan oleh mahasiswa bisnis dan profesional lintas disiplin bisnis untuk menganalisis data nyata tanpa menggunakan asumsi normalitas tradisional [7].

Metode Monte Carlo dapat mengetahui tingkat keyakinan dari hasil percepatan waktu penjadwalan proyek dan menggambarkan beberapa factor yang biasanya timbul pada pengerjaan suatu proyek [8]. Dalam penelitian lainnya metode Monte Carlo digunakan untuk simulasi persediaan darah dan menentukan tingkat persediaan normal pada setiap golongan darah, simulasi digunakan untuk menekankan pentingnya UTDC PMI Balikpapan untuk memantau dan mengupayakan agar besaran darah yang masuk setiap harinya sesuai dengan titik optimal agar biaya dapat diminimalkan [9].

Penerapan Metode Monte Carlo pada bidang-bidang lainnya seperti:

1. Grafis, digunakan untuk penjejukan sinar;
2. Biologi, digunakan untuk mempelajari jaringan geologi;
3. Keuangan, digunakan untuk menilai dan menganalisis model-model finansial;
4. Fisika Statistik dan partikel. Dalam partikel digunakan untuk eksperimen;
5. Ilmu Probabilitas dan Statistik, digunakan untuk mensimulasikan dan memahami efek keberagaman;
6. Ilmu Komputer, misalnya Algoritma Las Vegas dan berbagai macam permainan computer;

7. Kimia, digunakan untuk simulasi yang melibatkan klaster-klaster dinamik;

8. Lingkungan, digunakan untuk memahami perilaku kontaminan.

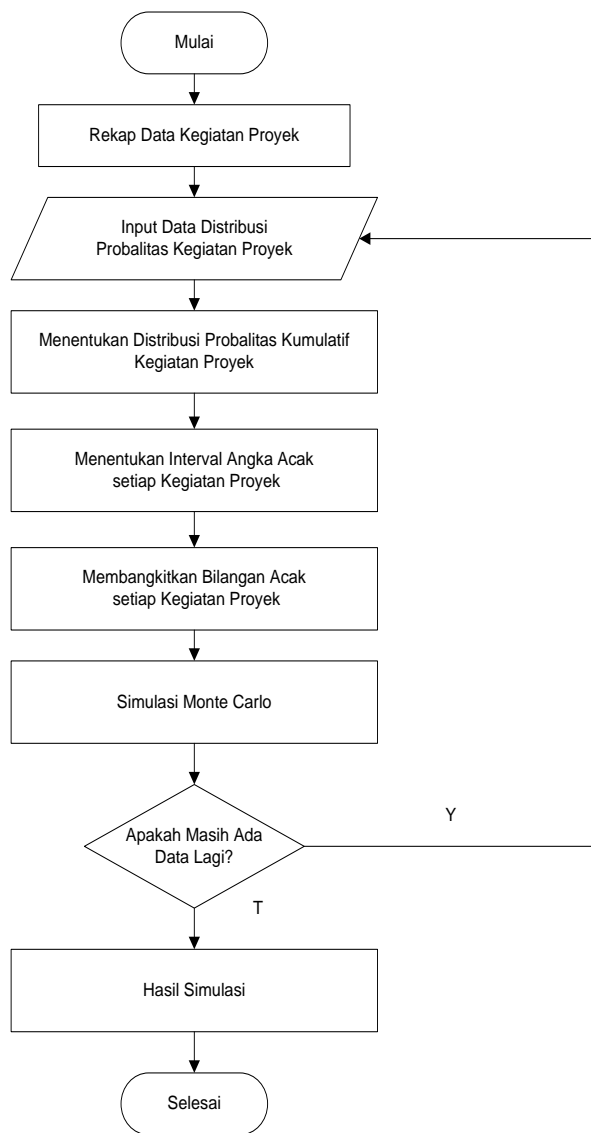
Simulasi Monte Carlo merupakan suatu pendekatan untuk membentuk kembali distribusi peluang yang didasarkan pada pilihan atau pengadaan bilangan acak (*random*). Model simulasi Monte Carlo ini memiliki sifat stokastik yang artinya model simulasi *Monte Carlo* ini dibangun berdasarkan pada penggunaan angka-angka yang bersifat acak untuk mengidentifikasi sebuah masalah. Istilah Monte Carlo sering dianggap sama dengan simulasi probabilistik, karena dapat memprediksi apa yang akan terjadi di masa yang akan datang [10].

Prediksi adalah proses untuk meramalkan suatu *variable* di masa mendatang dengan berdasarkan pertimbangan data pada masa lampau. Data yang sering digunakan untuk melakukan prediksi adalah data yang berupa data kuantitatif. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi (Prediksi adalah proses untuk meramalkan suatu *variable* di masa mendatang dengan berdasarkan pertimbangan data pada masa lampau. Data yang sering digunakan untuk melakukan prediksi adalah data yang berupa data kuantitatif. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi.

Pada penelitian simulasi ini membangkitkan bilangan acak merupakan langkah penting yang harus dilakukan. Bilangan acak yang dibangkitkan dapat dibangkitkan dengan piranti perangkat lunak komputer atau manual. Bilangan acak yang dibangkitkan sering dinamakan bilangan acak semu (*pseudo*) karena pembangkitan bilangannya dapat diulang kembali/ dengan menggunakan rumus matematika [11].

2. Metodologi Penelitian

Metodologi merupakan sesuatu yang sangat berpengaruh dalam sebuah kehidupan, misalkan ketika kita ingin mencapai suatu yang sangat diinginkan. Tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian untuk menjelaskan kerangka kerja yang akan dilakukan pada saat penelitian, mengidentifikasi masalah, menganalisis masalah, mengidentifikasi solusi, mengumpulkan data, merancang data-data yang akan diproses, mengimplementasikan dan melakukan pengujian, seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Berdasarkan kerangka kerja penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Rekap data kegiatan proyek merupakan suatu langkah yang dilakukan untuk pengolahan data dalam memprediksi penjadwalan proyek;
2. Mengimput data proyek untuk menentukan distribusi probabilitas, data yang telah diinputkan diolah untuk membentuk suatu *variable*;
3. Menentukan distribusi probabilitas kumulatif setiap kegiatan proyek, dengan cara setiap nilai dari probabilitas dijumlahkan dengan jumlah sebelumnya;
4. Menetapkan interval angka acak pada setiap kegiatan proyek;
5. Membangkitkan bilangan acak setiap kegiatan proyek;
6. Melakukan simulasi Monte Carlo;
7. Melakukan penilaian terhadap percobaan yang telah dilakukan tadi dengan estimasi akurasi sesuai dengan data yang real, maka dapat menghasilkan prediksi untuk kegiatan berikutnya.

Jika masih ada data yang ingin diinputkan maka kembali ke langkah awal;

8. Hasil percobaan simulasi telah dapat dihasilkan dan dapat memprediksi jadwal proyek berikutnya;
9. Proses telah selesai.

Secara umum dalam melakukan simulasi dengan metode Monte Carlo terdapat beberapa langkah yang dapat dilihat berikut [12]:

Algoritma Simulasi Metode Monte Carlo

1. Membuat distribusi probabilitas;
2. Membangun distribusi probabilitas kumulatif;
3. Menetapkan interval angka *random* (angka acak);
4. Membangkitkan angka *random* (angka acak);
5. Melakukan percobaan simulasi;
6. Melakukan perbandingan hasil simulasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Sesuai dengan tahapan penerapan metode Monte Carlo untuk simulasi jadwal proyek maka dilakukan dengan proses sesuai metode penelitian, dan didapat hasil sebagai berikut :

1. Menentukan Data Proyek

Data merupakan kumpulan dari beberapa informasi atau dari suatu hal yang diperoleh dengan melalui pengamatan atau juga pencari ke sumber-sumber tertentu. Pada penelitian ini, data utama yang digunakan adalah data tahun 2016, 2017 dan 2018. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penjadwalan pembangunan jembatan gantung per kegiatannya. Data jumlah pada tahun 2016 digunakan sebagai data *training* untuk memprediksi penjadwalan pembangunan jembatan gantung pada tahun 2017, data tahun 2017 digunakan sebagai data *training* untuk memprediksi penjadwalan pembangunan jembatan gantung di tahun 2018, dan data tahun 2018 digunakan sebagai data *training* untuk memprediksi penjadwalan pembangunan jembatan gantung pada tahun 2019. Data dari masing-masing proyek untuk setiap tahunnya memiliki 10 kegiatan dengan volume dan lama pengerjaan yang berbeda-beda yang disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Data Penjadwalan Pembangunan Jembatan Gantung (2016)

No	Kegiatan	Lama Pengerjaan (Hari)
1	Pembersihan Lapangan	15
2	Pass. Bowplank	15
3	Galian Tanah Pondasi	25
4	Pasang Batu Kali	20
5	Coran Pondasi	10
6	Bangunan Atas	30
7	TPT	18
8	Plesteran TPT	22
9	Timbunan Oprit	14
10	Pengecoran Jalan	13
Total		182

Tabel 2. Data Penjadwalan Pembangunan Jembatan Gantung Tahun 2017

No	Kegiatan	Lama Pengerjaan (Hari)
1	Pembersihan Lapangan	10
2	Pass. Bowplank	10
3	Galian Tanah Pondasi	22
4	Pasang Batu Kali	18
5	Coran Pondasi	8
6	Bangunan Atas	35
7	TPT	15
8	Plesteran TPT	22
9	Timbunan Oprit	15
10	Pengecoran Jalan	8
Total		164

Tabel 3. Data Penjadwalan Pembangunan Jembatan Gantung Tahun 2018

No	Kegiatan	Lama Pengerjaan (Hari)
1	Pembersihan Lapangan	13
2	Pass. Bowplank	14
3	Galian Tanah Pondasi	24
4	Pasang Batu Kali	21
5	Coran Pondasi	9
6	Bangunan Atas	33
7	TPT	15
8	Plesteran TPT	15
9	Timbunan Oprit	13
10	Pengecoran Jalan	9
Total		166

2. Menentukan Distribusi Probabilitas

Menghitung nilai probabilitas data tahun 2016 berdasarkan data yang ada pada Tabel 1 menggunakan rumus pada persamaan (1).

$$P=F/J \tag{1}$$

Di mana P mewakili Probabilitas, F mewakili Frekuensi, dan J = Jumlah. Maka hasil perhitungannya adalah:

- $P_1 = 15/182 = 0,08$
- $P_2 = 15/182 = 0,08$
- $P_3 = 25/182 = 0,14$
- $P_4 = 20/182 = 0,11$
- $P_5 = 10/182 = 0,05$
- $P_6 = 30/182 = 0,16$
- $P_7 = 18/182 = 0,1$
- $P_8 = 22/182 = 0,12$
- $P_9 = 14/182 = 0,08$
- $P_{10} = 13/182 = 0,07$

Untuk mempermudah dalam pembacaan data, hasil perhitungan dari nilai distribusi probabilitas ditampilkan ke dalam bentuk tabel distribusi probabilitas. Hasil pengolahan data tahun 2016 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Probabilitas (2016)

No	Kegiatan	Lama Pengerjaan (Hari)	Distribusi Probabilitas
1	Pembersihan Lapangan	15	0,08
2	Pass. Bowplank	15	0,08
3	Galian Tanah Pondasi	25	0,14
4	Pasang Batu Kali	20	0,11
5	Coran Pondasi	10	0,05
6	Bangunan Atas	30	0,16
7	TPT	18	0,10
8	Plesteran TPT	22	0,12
9	Timbunan Oprit	14	0,08
10	Pengecoran Jalan	13	0,07

3. Membangun Distribusi Probabilitas Kumulatif

Distribusi probabilitas kumulatif diperoleh dari hasil penjumlahan nilai distribusi probabilitas dengan jumlah nilai distribusi probabilitas sebelumnya, kecuali untuk nilai distribusi probabilitas kumulatif yang pertama. Di mana nilai probabilitas kumulatifnya sama dengan nilai probabilitas variabel itu sendiri. Menghitung nilai distribusi probabilitas kumulatif Tahun 2016 berdasarkan nilai distribusi probabilitas yang ada pada Tabel 4.

Proses perhitungan distribusi probabilitas kumulatif sebagai berikut :

- $K_1 = P_1 = 0.08$
- $K_2 = P_2 + K_1 = 0.08 + 0.08 = 0.16$
- $K_3 = P_3 + K_2 = 0.14 + 0.16 = 0.3$
- $K_4 = P_4 + K_3 = 0.11 + 0.3 = 0.41$
- $K_5 = P_5 + K_4 = 0.05 + 0.41 = 0.46$
- $K_6 = P_6 + K_5 = 0.16 + 0.46 = 0.62$
- $K_7 = P_7 + K_6 = 0.1 + 0.62 = 0.72$
- $K_8 = P_8 + K_7 = 0.12 + 0.72 = 0.84$
- $K_9 = P_9 + K_8 = 0.08 + 0.84 = 0.92$
- $K_{10} = P_{10} + K_9 = 0.07 + 0.92 = 0.99$

Rekap hasil perhitungan distribusi probabilitas kumulatif dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi Probabilitas Kumulatif (2016)

No	Kegiatan	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif
1	Pembersihan Lapangan	0,08	0,08
2	Pass. Bowplank	0,08	0,16
3	Galian Tanah Pondasi	0,14	0,30
4	Pasang Batu Kali	0,11	0,41
5	Coran Pondasi	0,05	0,46
6	Bangunan Atas	0,16	0,62
7	TPT	0,10	0,72
8	Plesteran TPT	0,12	0,84
9	Timbunan Oprit	0,08	0,92
10	Pengecoran Jalan	0,07	0,99

4. Pembentukan Interval Angka *Random* (Angka Acak).

Interval angka acak dibentuk berdasarkan nilai distribusi probabilitas kumulatif yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya. Penetapan angka acak dilakukan untuk setiap variabel, penggunaan interval angka acak berfungsi sebagai pembatas antara variabel yang satu dengan variabel yang lain dan juga

memberikan acuan hasil simulasi dari percobaan berdasarkan angka acak yang dibangkitkan. Pembatas ini terdiri dari 2 bagian, yaitu batas *minimal* (awal) dan batas *maksimal* (akhir). Berikut cara menetapkan nilai batasan pada tabel interval angka acak:

- Nilai batas awal untuk variabel pertama adalah 1.
- Nilai batas akhir diperoleh dengan cara mengalikan nilai probabilitas kumulatif masing-masing variabel dengan angka 100.
- Nilai batas awal untuk variabel kedua dan seterusnya diperoleh dari nilai batas akhir variabel sebelumnya kemudian ditambahkan angka 1.

Hasil perhitungan interval angka acak disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Interval Angka Random (2016)

No	Kegiatan	Probabilitas Kumulatif	Interval Angka Random	
			Awal	Akhir
1	Pembersihan Lapangan	0,08	0	8
2	Pass. Bowplank	0,16	9	16
3	Galian Tanah Pondasi	0,3	17	30
4	Pasang Batu Kali	0,41	31	41
5	Coran Pondasi	0,46	42	46
6	Bangunan Atas	0,62	47	62
7	TPT	0,72	63	72
8	Plesteran TPT	0,84	73	84
9	Timbunan Oprit	0,92	85	92
10	Pengecoran Jalan	0,99	93	99

5. Membangkitkan Angka *Random* (Angka Acak)

Membangkitkan angka *random* dengan *Mixed Congruent Method* membutuhkan 4 parameter yang nilainya harus ditetapkan terlebih dahulu yaitu a, c, m dan Z_i . Pada tahap ini parameter-parameter di atas selanjutnya akan diisi dengan *value* a = 25, c = 29, m = 99, $Z_i = 26$. Setelah *value* dari parameter-parameter tersebut diisi, selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk membangkitkan bilangan acak dengan rumus:

$$Z_i = (aZ_{i-1} + c) \text{ mod } m \quad (2)$$

$$Z_1 = (25 * 26 + 29) \text{ mod } 99 = 85$$

$$Z_2 = (25 * 85 + 29) \text{ mod } 99 = 75$$

$$Z_3 = (25 * 75 + 29) \text{ mod } 99 = 23$$

$$Z_4 = (25 * 23 + 29) \text{ mod } 99 = 10$$

$$Z_5 = (25 * 10 + 29) \text{ mod } 99 = 81$$

$$Z_6 = (25 * 81 + 29) \text{ mod } 99 = 74$$

$$Z_7 = (25 * 74 + 29) \text{ mod } 99 = 97$$

$$Z_8 = (25 * 97 + 29) \text{ mod } 99 = 78$$

$$Z_9 = (25 * 78 + 29) \text{ mod } 99 = 98$$

$$Z_{10} = (19 * 98 + 29) \text{ mod } 99 = 4$$

Rekap hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Angka Acak

No	Angka Acak
1	85
2	75
3	23
4	10
5	81
6	74
7	97
8	78
9	98
10	4

6. Melakukan Percobaan Simulasi

Simulasi dilakukan dengan cara memasukkan dan membandingkan angka acak yang telah dibangkitkan pada Tabel 7 dengan tabel interval angka acak yang ada pada Tabel 6, sehingga didapat hasil dari simulasi data Tahun 2016 yang dapat dibandingkan dengan data real pada Tabel 1. Hasil simulasi disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Simulasi Prediksi Untuk Tahun 2017

Kegiatan	Lama Pengerjaan (Hari)		Tingkat Akurasi (%)
	Data Real	Hasil Simulasi	
Pembersihan Lapangan	13	14	93
Pass.Bowplank	20	22	91
Galian Tanah Pondasi	22	25	88
Pasang Batu Kali	17	15	88
Coran Pondasi	22	22	100
Bangunan Atas	18	22	82
TPT	10	13	77
Plesteran TPT	24	22	92
Timbunan Oprit	15	13	87
Pengecoran Jalan	11	15	73
Jumlah	172	183	93,99

Hasil simulasi prediksi terhadap data Tahun 2018 pada Tabel 2 disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Simulasi Prediksi Untuk Tahun 2018

Kegiatan	Lama Pengerjaan(Hari)		Tingkat Akurasi (%)
	Data Real	Hasil Simulasi	
Pembersihan Lapangan	10	15	67
Pass.Bowplank	11	22	46
Galian Tanah Pondasi	22	22	100
Pasang Batu Kali	18	11	56
Coran Pondasi	8	22	37
Bangunan Atas	35	22	63
TPT	15	8	54
Plesteran TPT	22	22	100
Timbunan Oprit	15	8	54
Pengecoran Jalan	8	10	80
Jumlah	164	162	98,77

Hasil simulasi prediksi terhadap data pada Tabel 3 Tahun 2019 disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Simulasi Prediksi Untuk Tahun 2019

Kegiatan	Lama Pengerjaan(Hari)		Tingkat Akurasi (%)
	Data Real	Hasil Simulasi	
Pembersihan Lapangan	13	15	87
Pass.Bowplank	14	15	94
Galian Tanah Pondasi	24	24	100
Pasang Batu Kali	21	14	67
Coran Pondasi	9	15	60
Bangunan Atas	33	15	46
TPT	15	9	60
Plesteran TPT	15	15	100
Timbunan Oprit	13	9	70
Pengecoran Jalan	9	13	70
Jumlah	166	144	86,75

4. Kesimpulan

Dengan menggunakan simulasi Monte Carlo yang memanfaatkan data-data penjadwalan proyek pembangunan jembatan gantung sebelumnya maka penjadwalan proyek pembangunan jembatan gantung dapat ditentukan untuk tahun berikutnya dan dapat diprediksi hasilnya. Dari tiga tahun pengujian yang dilakukan maka didapat prediksi dengan tingkat akurasi 93,99% untuk prediksi Tahun 2017, 98,77% untuk Tahun 2018 dan 86,75% untuk Tahun 2019.

Daftar Rujukan

- [1] Iwawo, E. R. M., Tjakra, J., & Pratisis, P. A. K. (2016). Penerapan Metode Cpm Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haezar Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 551–558.
- [2] Syahrin, E., Santony, J., & Na'am, J. (2018). Pemodelan Penjualan Produk Herbal Menggunakan Metode Monte Carlo. *Jurnal KomtekInfo*, 5(3), 33-41.
- [3] Shofa, N. W., Soejanto, I., & Ristyowati, T. (2017). Penjadwalan Proyek Dengan Penerapan Simulasi Monte Carlo Pada Metode Program Evaluation Review and Technique (Pert). *Opsi*, 10(2), 150–157. DOI: <https://doi.org/10.31315/opsi.v10i2.2110> .
- [4] Nasution, K. N. (2016). Prediksi Penjualan Barang Pada Koperasi PT. Perkebunan Silindak Dengan Menggunakan Metode Monte Carlo. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 3(6), 65–59.
- [5] Aulia, N. N., Gunawan, P. H., & Rahmawati, A. A. (2018). Prediksi Curah Hujan Menggunakan Gerak Brown Dan Rataan Tahunan Data Pada Missing Values. *Indo-JC*, 3(2), 71-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.21108/INDOJC.2018.3.2.233> .
- [6] Hutahaean, H. D. (2018). Analisa Simulasi Monte Carlo Untuk Memprediksi Tingkat Kehadiran Mahasiswa Dalam Perkuliahan (Studi Kasus : STMIK Pelita Nusantara Medan). *Journal Of Informatic Pelita Nusantara*, 3(1), 41-45.
- [7] Astia, R. Y., Santony, J., & Sumijan, S. (2019). Prediction Of Amount Of Use Of Planning Family Contraception Equipment Using Monte Carlo Method (Case Study In Linggo Sari Baganti District). *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining*, 2(1), 28-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.24014/ijaidm.v2i1.5825> .
- [8] 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*.
- [9] Suban, A. L., Uran, J. K. Y., & Kalla, Y. (2015). Simulasi Perkiraan Keuntungan Penjualan Pulsa Pada Uran Cell Menggunakan Metode Monte Carlo Berbasis Web. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa (Sentra)*.
- [10] Santony, J. (2019). Prediksi Pajak Mineral Non Logam dan Batuan dengan Metode Monte Carlo. *Jurnal Informatika & Teknologi (jidt)*, 1(4), 32-37. DOI: <https://doi.org/10.37034/jidt.v2i1.33> .
- [11] Geni, B. Y., Santony, J., & Sumijan. (2019). Prediksi Pendapatan Terbesar pada Penjualan Produk Cat dengan Menggunakan Metode Monte Carlo. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 1(4), 15-20. DOI: <https://doi.org/10.37034/infeb.v1i4.5> .
- [12] Manurung, K., & Santony, J. (2019, September 17). Simulasi Pengadaan Barang Menggunakan Metode Monte Carlo. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 1(3), 7-10. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.35134/jsisfotek.v1i3.3> .