

SIMULASI MONTE CARLO DALAM MEMPREDIKSIKAN TINGKAT LONJAKAN PENDAFTARAN VAKSIN BOOSTER PADA PUSKESMAS MARTUBUNG

Efani Desi^{*1}, Siti Aliyah², Cindy Paramitha Lubis³, Mas Ayoe Elhias Nst⁴, Fithry Tahel⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Potensi Utama, Medan

Email: ¹efanidesi88@gmail.com, ²aliyahsiti478@gmail.com, ³cindyparamitha96@gmail.com

⁴masayoe02@gmail.com, ⁵fithrytahel01@gmail.com

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk : 30 Juli 2023, diterima untuk diterbitkan: 18 Mei 2024)

Abstrak

Puskesmas Martubung adalah salah satu layanan kesehatan bagi masyarakat menengah ke bawah yang berada di Kecamatan Medan Labuhan. Dalam rangka meningkatkan layanan kesehatan bagi masyarakat kota Medan, khususnya dalam pemberian vaksin *Booster*, puskesmas Martubung ikut andil dalam menyediakan layanan vaksin *Booster* tersebut. Untuk itu bagi warga sekitarnya maupun yang di luar daerah bisa mendapatkan vaksin *Booster* tersebut dengan cara melakukan pendaftaran terlebih dahulu agar warga yang mendapatkan vaksin *Booster* terdata dengan baik. Banyaknya animo warga sekitar maupun yang ada diluar daerah untuk mendapatkan vaksin *Booster* ini sangatlah banyak. Sehingga pihak puskesmas dan jajarannya dapat mempersiapkan vaksin dan ruang tunggu bagi warga yang akan divaksin di puskesmas tersebut. Dengan adanya sistem simulasi prediksi jumlah lonjakan pendaftaran vaksin *Booster* ini diharapkan pihak puskesmas dapat memprediksikan jumlah pendaftar yang akan mendaftar vaksin *Booster* di puskesmas Martubung. Data yang dikumpulkan kemudian dilakukan observasi secara langsung ke objek dengan cara pengambilan sampel data yang sudah ada sejak tahun 2020, 2021 dan 2022 yang nantinya dapat diprediksikan untuk tahun yang berikutnya. Hasil dari pengujian terhadap metode ini adalah dari beberapa banyak jumlah pendaftar vaksin dan akan dilihat tingkat keakuratannya. Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan Simulasi *Monte Carlo* dalam penelitian ini adalah sebagai sebuah metode yang bisa menyajikan sebuah informasi tentang seberapa banyak bilangan acak yang dihasilkan melalui beberapa rangkaian percobaan yang dilakukan. Semakin banyak jumlah bilangan acak yang di uji coba, maka semakin akurat data yang akan dihasilkan. Berdasarkan kepada data yang telah dikumpulkan pada 3 tahun terakhir yaitu tahun 2020, 2021, dan 2022 dapat ditarik kesimpulan bahwa penerapan dari Simulasi *Monte Carlo* dapat digunakan untuk mengukur dan memprediksi tingkat lonjakan pendaftaran Vaksin *Booster* pada Puskesmas Martubung pada tahun 2023 dan tahun yang akan datang. Dimana dari data tahun 2020 dapat di hasilkan simulasi untuk tahun 2021 sebanyak 130 pendaftar, untuk tahun 2022 sebanyak 398 pendaftar dan untuk tahun 2023 sebanyak 236 pendaftar. Dengan demikian penerapan Simulasi *Monte Carlo* ini dapat dijadikan sebagai alternatif yang dapat membantu Puskesmas Martubung dalam memprediksi nilai lonjakan serta mengambil kebijakan dalam upaya meningkatkan kualitas dalam pelayanan terhadap pendaftar Vaksin *Booster* di Puskesmas Martubung.

Kata kunci: *vaksin, booster, covid-19, prediksi, simulasi monte carlo*

MONTE CARLO SIMULATION IN PREDICTING THE LEVEL OF SPIKE IN BOOSTER VACCINE REGISTRATION AT THE MARTUBUNG COMMUNITY HEALTH CENTER

Abstract

Martubung Community Health Center is a health service for lower middle class communities in Medan Labuhan District. In order to improve health services for the people of Medan City, especially in providing Booster vaccines, the Martubung Community Health Center took part in providing Booster vaccine services. For this reason, local residents and those outside the area can get the Booster vaccine by registering first so that residents who receive the Booster vaccine are properly recorded. There is a lot of interest from local residents and those outside the area to get this booster vaccine. So that the community health center and its staff can prepare vaccines and waiting rooms for residents who will be vaccinated at the community health center. With this simulation system for predicting the number of surges in Booster vaccine registrations, it is hoped that the

community health center can predict the number of registrants who will register for the Booster vaccine at the Martubung community health center. The data collected is then carried out directly by observing the object by sampling data that has existed since 2020, 2021 and 2022 which can then be predicted for the following year. The results of testing this method are from a large number of vaccine registrants and the level of accuracy will be seen. So it can be concluded that the use of Monte Carlo Simulation in this research is as a method that can provide information about how many random numbers are generated through several series of experiments carried out. The more random numbers that are tested, the more accurate the data that will be produced. Based on the data that has been collected in the last 3 years, namely 2020, 2021 and 2022, it can be concluded that the application of Monte Carlo Simulation can be used to measure and predict the level of increase in Booster Vaccine registration at the Martubung Community Health Center in 2023 and the coming year. Where from the 2020 data a simulation can be produced for 2021 of 130 registrants, for 2022 of 398 registrants and for 2023 of 236 registrants. Thus, the application of Monte Carlo Simulation can be used as an alternative that can help the Martubung Community Health Center in predicting surge values and taking policies in an effort to improve the quality of service to Booster Vaccine registrants at the Martubung Community Health Center.

Keywords: vaccine, booster, covid-19, prediction, monte carlo simulation

1. PENDAHULUAN

COVID-19 merupakan sebuah wabah virus yang sudah ada sejak tahun 2019 hingga saat ini yang masih sangat diwaspadai. Sudah banyak upaya pencegahan yang diupayakan oleh pemerintah untuk meminimalisir penyebaran wabah dari *COVID-19* mulai dari menerapkan protokol kesehatan, pembatasan aktifitas diluar rumah serta adanya wajib 2 kali vaksinasi masyarakat yang diharapkan dapat mencegah penyebaran wabah *COVID-19*. Akan tetapi walau sudah dilakukannya protokol kesehatan, pembatasan aktifitas serata dilakukannya vaksin covid tetap masih ada yang terserang wabah, sehingga pemerintah terus berupaya untuk meningkatkan imun tubuh masyarakat dengan mengeluarkan vaksin jenis baru yaitu *Booster* yang dikenal lebih efektif dalam melawan wabah *Covid* saat ini. Untuk menantisipasi akan terjadinya lonjakan minat masyarakat untuk vaksin pada puskesmas martubung, penulis berencana melakukan penelitian untuk memprediksi tingkat lonjakan yang akan diterima oleh puskesmas martubung sehingga diharapkan pihak puskesmas dapat mengantisipasi lonjakan yang akan terjadi. Data yang akan digunakan oleh penulis berasal dari data pendaftar vaksin covid dari tahun 2020, 2021, dan 2022 dengan menggunakan sebuah simulasi *Monte Carlo*.

Simulasi *Monte Carlo* adalah merupakan sebuah simulasi yang menggunakan nilai data dari bilangan acak atau *random number*. Dasar dari simulasi *Monte Carlo* merupakan uji coba dari elemen dengan menggunakan sampel *random* (Akbar, *et al.*, 2020). Data prediksi yang diperoleh dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo* nantinya akan divalidasi dengan data real yang ada dilapangan untuk membuktikan bahwa prediksi tersebut relatif sama dengan keadaan yang sebenarnya terjadi (Hidayah, 2022). Simulasi *Monte Carlo* menggunakan model komputer yang dapat menirukan kehidupan nyata atau membuat prediksi (Geni, *et al.*, 2017). Prediksi atau juga disebut dengan peramalan yang merupakan sebuah prosedur

untuk memprediksi berapa kebutuhan pada masa mendatang yang meliputi jumlah pendaftaran vaksin di masa yang akan datang. Akan tetapi hasil perkiraan prediksi mungkin saja akan tidak sama dengan rencananya (Geni, *et al.*, 2017).

Berdasarkan dari alasan di atas bisa disimpulkan bahwasanya sebuah prediksi yang menggunakan simulasi *monte carlo* perlu dilakukan untuk memprediksikan jumlah pendaftar vaksin *Booster* pada puskesmas martubung.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksikan lonjakan pendaftar vaksin *Booster* di puskesmas Martubung, Medan Labuhan dengan menggunakan Simulasi *Monte Carlo*. Data yang digunakan adalah data 3 tahun terakhir yaitu data dari tahun 2020, 2021 dan 2022 untuk memprediksi lonjakan pendaftaran vaksin *Booster* pada tahun berikutnya. Berikut pemaparan dari penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

2.1. Dasar Pemodelan dan Simulasi Model

Model merupakan sebuah penggambaran atau perumpamaan yang diterapkan dalam mendukung dan menjelaskan serta mendeskripsikan sebuah hal yang tidak dapat diamati secara langsung. Dimana pada umumnya model ini diartikan sebagai sebuah gambaran sistem yang nyata. Sistem nyata sendiri ini ialah berupa suatu sistem yang sedang berjalan saat ini di dunia nyata dan menjadi objek yang sedang di amati (Mahessya, *et al.*, 2017).

2.2 Simulasi

Simulasi merupakan sebuah program komputer yang berperan untuk mencontoh atau mengikuti sebuah perilaku nyata tertentu yang sangat kompleks yang penuh dengan sifat probabilitas, tanpa harus mengalami kejadian yang sesungguhnya. Tujuan daripada simulasi adalah untuk sebuah pelatihan sehingga perilaku sistem dapat diprediksi dan di pelajari. (Mahessya, *et al.*, 2017).

2.2. Random Number

Bilangan acak atau random number merupakan sebuah bilangan acak yang sulit untuk ditebak atau diprediksi kemunculan dari angka-angka tersebut. Salah satu cara untuk menghasilkan bilangan acak antara lain menggunakan fungsi pada peluang. Model pertama yang dapat digunakan adalah model pembalikan dimana angka acak yang dihasilkan berkisar 0-1. Model yang kedua adalah model tarik dimana pertama-tama kita memilih dua buah nilai yaitu x dan y kemudian akan diuji nilai fungsi dari x dan y . Jika nilai ditolak maka algoritma akan mengulang kembali. (Mahessya, *et al.*, 2017). Pada persamaan (1), f_{baud} yang merupakan sebuah frekuensi *baud rate*. Dimana SMOD yaitu *bit control* dalam PCON (*Power Mode Control Special Function Register*), sedangkan f_{osc} merupakan frekuensi *oscillator* merupakan sebuah kristal yang dapat dipakai untuk rangkaian *microcontroller*.

$$f_{baud} = \frac{2^{SMOD}}{64} \times f_{osc} \quad (1)$$

2.3 Monte Carlo

Monte Carlo merupakan sebuah metode untuk memperkirakan dengan cara berulang yang menggunakan bilangan acak sebagai inputan. Metode ini menyertakan pemakaian bilangan acak untuk menggambarkan suatu sistem. Pemakaian metode ini memerlukan beberapa jumlah bilangan acak. Maka dengan perkembangan dari metode ini, bilangan acak generatornya juga berkembang. Hal ini terbukti lebih efektif jika dipakai untuk membuat tabel bilangan acak yang sebelumnya digunakan dalam pengambilan sampel statistik (Mahessya, *et al.*, 2017).

Metode non-parametrik dapat mengatasi tantangan ini karena tidak bergantung pada asumsi distribusi apa pun. Salah satu jenis solusi non-parametrik yang paling andal adalah metode berbasis *Monte Carlo*. Pada penelitian ini pendekatan cepat diusulkan untuk meningkatkan waktu eksekusi *Monte Carlo* untuk analisis waktu sirkuit. Evaluasi menunjukkan bahwa metode ini menghasilkan solusi yang lebih cepat dibandingkan dengan pekerjaan sebelumnya (Qavamy, *et al.*, 2021).

Monte Carlo umumnya digunakan untuk mendapatkan analisis ketidakpastian yang akurat untuk sistem nonlinear yang rumit. Menggabungkan beberapa pengukuran serupa, masing-masing dengan analisis ketidakpastian *Monte Carlo*, memungkinkan seseorang untuk memasukkan ketidakpastian yang diberikan oleh sebarannya. Pada penelitian ini *Monte Carlo* digunakan untuk membandingkan dua metode pengambilan sampel *Monte Carlo*, mengilustrasikan bahwa satu metode mengurangi bias besaran rata-rata, menunjukkan bagaimana dampak ketidakpastian yang dihitung, dan menyortir aplikasi

gelombang mikro yang dapat menerapkan metode koreksi ini (Jamroz, *et al.*, 2019).

Monte Carlo juga bisa untuk mengatasi masalah kesalahan pemosisian yang besar dan efek pemosisian yang rendah pada batas algoritma pemosisian tag virtual RFID tradisional. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh empat metode interpolasi yang berbeda dari kekuatan sinyal tag referensi virtual pada akurasi pemosisian, dan mengusulkan pemosisian tag virtual RFID algoritma berbasis *Monte Carlo* (Guan, T., *et al.*, 2021).

2.4 Simulasi Monte Carlo

Simulasi *Monte Carlo* dianggap paling efektif untuk menangani perhitungan VaR. Meskipun demikian, keakuratan perhitungan metode Simulasi *Monte Carlo* cenderung dipengaruhi oleh skala simulasi. Ketika skala simulasi meningkat, akurasi perhitungan meningkat. Sementara itu, bagaimanapun, biaya waktu naik secara terus menerus. Dalam penelitian ini proses simulasi terdiri dari sekelompok tugas simulasi pada satu waktu. Karena tidak adanya ketergantungan data antara setiap tugas simulasi, ia mampu melakukan paralelisme yang sangat baik. Dengan menggunakan model pemrograman OpenMP diterapkan untuk menetapkan setiap tugas simulasi ke tugas yang berbeda untuk dieksekusi. Kemudian dilakukan perbandingan antara skema CPU sequential execution, skema berbasis MIC offload mode dan skema berbasis MIC native mode (Wen T., S., *et al.*, 2020).

Simulasi merupakan sebuah tiruan dari operasi proses atau sistem dunia nyata. Ada banyak metodologi yang dikenal dalam simulasi, salah satunya adalah *Monte Carlo*. *Monte Carlo* adalah model simulasi probabilistik yang memberikan solusi dari suatu masalah yang bergantung pada proses pengacakan. Pada penelitian ini akan dikembangkan aplikasi dengan pemrograman *Matlab* dan *Microsoft Excel* yang digunakan untuk menyimpan data. Dalam penelitian ini simulasi *Monte Carlo* diterapkan untuk memprediksi kemungkinan keuntungan yang akan diperoleh di masa yang mendatang oleh para pebisnis mikro kecil menengah dalam mendesain produksi, menentukan kuantitas produksi yang diproduksi secara massal (Saragih, N., E., *et al.*, 2019).

Algoritme untuk simulasi *Monte Carlo* dari hamburan cahaya Raman juga sebagai model optik kulit dengan parameter transpor optik dan komponen aktif Raman dijelaskan. Sebagai komponen model terpenting, kolagen, elastin, keratin, inti sel, triolein, ceramide, melanin, dan air dipilih. Dalam penelitian ini menganalisis dua pendekatan untuk menentukan perubahan konsentrasi komponen kulit selama perkembangan neoplasma ganas - simulasi *Monte Carlo* dari hamburan cahaya Raman dan resolusi kurva multivariat-bolak-balik kuadrat terkecil

(MCR-ALS). Dengan menggunakan algoritma dan MCR-ALS untuk memperkirakan perubahan konsentrasi komponen kulit dengan perkembangan neoplasma ganas diperiksa (Matveeva I., *et al.*, 2020).

Penelitian ini memproses penilaian keandalan sistem distribusi menggunakan simulasi Monte Carlo Non-sequential (NSMCS) berdasarkan variabel acak dengan distribusi multinomial. NSMCS adalah teknik yang dapat dengan mudah diterapkan untuk penggunaan praktis untuk menganalisis efek ketidakpastian dalam operasi sistem. Untuk mengidentifikasi tingkat keandalan sistem, digunakan indeks umum berdasarkan jumlah pelanggan di bidang yang diminati, seperti SAIFI dan SAIDI. Dalam makalah ini, IEEE RBTS Bus-2 digunakan untuk demonstrasi dua studi kasus untuk memverifikasi keefektifan metode yang diusulkan. Dari hasil simulasi, indeks reliabilitas yang diperoleh dari metode yang diusulkan sedikit berbeda dengan base case. Termasuk dampak dari ketidakpastian dalam operasi mengakibatkan penurunan keandalan sistem (Dechgummarn Y., *et al.*, 2022).

Simulasi *Monte Carlo* adalah suatu metode simulasi yang dapat diaplikasikan dengan menerapkan Ms. *Microsoft Excel*. Pembuatan model simulasi *Monte Carlo* berlandaskan pada probabilitas yang didapatkan dari data histori sebuah kejadian dan frekuensinya (Mahessya, *et al.*, 2017).

$$P_i = \frac{f_i}{n}$$

dimana :

P_i = probabilitas kejadian i

f_i = frekuensi kejadian i

n = jumlah frekuensi semua kejadian

Tetapi dalam simulasi *Monte Carlo*, probabilitas juga dapat ditentukan dengan mengukur probabilitas sebuah kejadian terhadap suatu distribusi tertentu. Metode simulasi *Monte Carlo* merupakan teknik simulasi yang menggunakan bilangan acak untuk menyelesaikan masalah-masalah yang mencakup keadaan ketidakpastian dimana evaluasi matematis tidak mungkin. Dasar simulasi *Monte Carlo* adalah pengembalian sampel secara acak.

Metode ini terdiri dari 7 tahapan, yaitu :

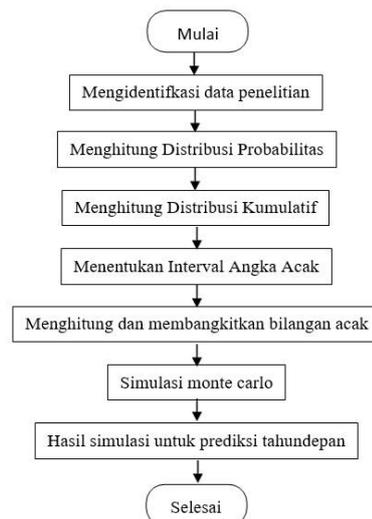
1. Menentukan kemungkinan sebuah distribusi probabilitas dari variabel data penting.
2. Menentukan kemungkinan didtribusi kumulatif dari setiap tahapan variabel data untuk tahap awal.
3. Membuat distribusi kumulatif dari setiap variabel data.
4. Membangun skema distribusi kumulatif.
5. Menetapkan nilai interval angka bilangan acak untuk setiap variabel data.
6. Membangun angka bilangan acak.
7. Mensimulasikan serangkaian uji coba yang telah

dibuat.

Metode yang digunakan merupakan metode simulasi *Monte Carlo*. Simulasi *Monte Carlo* digunakan untuk memprediksi tingkat lonjakan pendaftar vaksin *Booster* pada puskesmas Martubung. Berikut adalah merupakan tahapan dari pengolahan data dengan memakai simulasi *monte carlo*

1. Menetapkan identitas data dengan cara melakukan pengklasifikasian data dan penetapan frekuensi.
2. Menjumlahkan nilai distribusi probabilitas dengan rumus yang sudah ditentukan.
3. Menjumlahkan nilai distribusi kumulatif yang digunakan sebagai dasar pengklasifikasian dari rentang interval dan bilangan acak.
4. Menetapkan interval untuk bilangan acak yang setiap variabelnya digunakan untuk menetapkan perbandingan dari interval yang telah ditentukan.
5. Membangun bilangan acak dengan menghitung angka bilangan acak dengan rumus yang telah ditetapkan.
6. Melihat proses dari simulasi *monte carlo* untuk mengetahui prediksi berapa tingkat lonjakan pendaftar.
7. Hasil dari simulasi yang didapatkan, berikutnya untuk memprediksikan data tahun pada tahun 2022.

Penggambaran data dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo* dapat ditunjukkan pada gambar *flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 1 berikut



Gambar 1. *Flowchart* dari tahap analisa Simulasi *Monte Carlo*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data jumlah pendaftar vaksin yang didapatkan oleh puskesmas martubung adalah data dari tahun 2020 sampai 2022. Untuk mendapatkan hasil simulasi, maka diperlukan beberapa tahap, yaitu :

Pengklasifikasian data dan menetapkan frekuensi dari data yang dipakai yaitu untuk memprediksi tingkat lonjakan pendaftar vaksin *Booster* dari jumlah pendaftar tahun 2019 dan 2022.

Tabel 1 Pengelompokan Data dan Frekuensi

Bulan	Frekuensi Vaksin Tahun 2020	Frekuensi Vaksin Tahun 2021	Frekuensi Vaksin Tahun 2022
Februari	95	89	93
April	112	243	164
Juni	130	298	236
Agustus	80	396	150
Oktober	90	243	185
Desember	120	413	147

Pada tabel 1 pengelompokan data pendaftar vaksin dari tahun ke tahun milik puskesmas martubung. Menghitung distribusi probabilitas dapat menggunakan rumus:

$$P_i = \frac{f_i}{n}$$

dimana :

P_i = Probabilitas kejadian i,

F_i = Frekuensi kejadian i,

N = Jumlah frekuensi semua kejadian

Tabel 2 Distribusi Probabilitas Tahun 2020 Pada Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2020	Distribusi Probabilitas
Februari	95	0,15
April	112	0,18
Juni	130	0,21
Agustus	80	0,13
Oktober	90	0,14
Desember	120	0,19
Jumlah	627	1

Misal :

$$P_{b1} = 95/627 = 0,15$$

$$P_{b2} = 112/627 = 0,18$$

Dan seterusnya.

Menghitung nilai dari distribusi kumulatif untuk menghasilkan nilai distribusi kumulatif pada bulan februari sama dengan nilai dari perhitungan distribusi probabilitas pada bulan februari. Sedangkan hasil nilai dari distribusi kumulatif pada bulan april didapatkan dari penjumlahan nilai distribusi kumulatif pada bulan februari dengan nilai distribusi probabilitas pada bulan april yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Distribusi Komulatif Tahun 2020 pada Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2020	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif
Februari	95	0,15	0,15
April	112	0,18	0,33
Juni	130	0,21	0,54
Agustus	80	0,13	0,67
Oktober	90	0,14	0,81
Desember	120	0,19	1,00
Jumlah	627	1	

Pada tabel 3 memperlihatkan hasil nilai dari nilai distribusi kumulatif untuk tahun 2020 pada tingkat lonjakan pendaftar vaksin *Booster* dengan perhitungan sebagai berikut ini :

$$K_{m1} = 0,15$$

$$K_{m2} = 0,15 + 0,18 = 0,33$$

$$K_{m3} = 0,33 + 0,21 = 0,54$$

dan seterusnya

3.1. Menetapkan Interval Angka Bilangan Acak

Interval angka bilangan acak diperoleh dari nilai distribusi kumulatif yang diperoleh pada tabel. Fungsi dari interval angka bilangan acak yaitu sebagai pemisah antar variabel satu dengan variabel yang lainnya dan juga dapat sebagai acuan untuk hasil simulasi berdasarkan angka bilangan acak yang akan dibangun.

Tabel 4 Interval Angka Bilangan Acak pada tahun 2020 lonjakan Pendaftaran Vaksin Di Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2020	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif	Interval Angka Acak
Februari	95	0,15	0,15	0-15
April	112	0,18	0,33	16-33
Juni	130	0,21	0,54	34-54
Agustus	80	0,13	0,67	55-67
Oktober	90	0,14	0,81	68-81
Desember	120	0,19	1,00	82-100
Jumlah	627	1		

Pada tabel 4 menyuguhkan penentuan interval dari angka bilangan acak yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

P_b = Distribusi Probabilitas,

K_m = Distribusi Kumulatif,

IAA = Interval Angka Acak.

3.2. Membangun Bilangan Acak

Fungsi membangun angka bilangan acak diterapkan untuk memprediksikan tingkat lonjakan pendaftar dengan cara melihat jumlah pendaftar yang paling banyak dari hasil simulasinya. Untuk membangkitkan angka bilangan acak tersebut dibutuhkan perhitungan dengan menggunakan *Mixed Congruent Method* yang memerlukan 4 parameter yang telah ditetapkan nilainya terlebih dahulu yaitu a,b,c,m, dan m dan L₀. Pada tahapan ini parameter tersebut diisi dengan nilai x = 4, y = 12, m = 99, L₀ = 8. Rumus *Mixed Congruent Method* adalah sebagai berikut :

$$L_{i+1} = (x.L_i + y) \text{ mod } m$$

Dimana :

x = Konstanta pengali (x < m),

y = Konstanta geseran (y < m),

m = Konstanta modulus (m > 0),

L_i = bilangan awal (bilangan bulat ≥ 0, L₀ < m)

Tabel 5 Bilangan Acak pada Pendaftar Vaksin Booster Di Puskesmas Martubung

Bulan	I	Li	(x.Li+y)	$L_{(I+1)}=(x.Li+y) \text{ mod } m$
Februari	0	4	44	44
April	1	44	188	89
Juni	2	89	368	71
Agustus	3	71	296	98
Oktober	4	98	404	8
Desember	5	8	44	44

Pada tabel 5 adalah merupakan hasil dari perhitungan bilangan acak yang dihitung dengan rumus sabagai berikut ini:

$$L_{(I+1)} = (x.Li+y) \text{ mod } m$$

dimana :

$$L_{0+1} = (4.8 + 12) \text{ mod } 99 = 44$$

$$L_{1+1} = (4.44 + 12) \text{ mod } 99 = 89$$

Dan seterusnya.

Simulasi dan Hasil dari Simulasi adalah tahapan akhir ini untuk menyelesaikan simulasi dari serangkaian uji coba dengan memanfaatkan bilangan acak tersebut yang telah didapatkan pada tabel 6

Tabel 6 Hasil dari Simulasi Pada Tahun 2021

Bulan	Bilangan Acak	Hasil Simulasi
Februari	44	130
April	89	120
Juni	71	90
Agustus	98	120
Oktober	8	95
Desember	44	130

Pada Tabel 6 Menampilkan hasil simulasi perhitungan prediksi lonjakan pendaftaran Vaksin Boster pada puskesmas Martubung pada tahun 2021.

Untuk hasil simulasi pertama, didapatkan nilai sebesar 130 Pendaftar, hal itu didapatkan dari nilai bilangan acak pada bulan Februari senilai 44, dimana 44 berada pada interval 34 sampai 54 dan bernilai frekuensi sebesar 130, begitu pula seterusnya.

Tabel 7 Tabel Distribusi Probabilitas Tahun 2021 Pada Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2021	Distribusi Probabilitas
Februari	89	0.05
April	243	0.14
Juni	298	0.18
Agustus	396	0.24
Oktober	243	0.14
Desember	413	0.25
Jumlah	1682	1

Pada tabel 7 memperlihatkan hasil dari distribusi probabilitas pada tahun 2021 yang didapatkan dari :

$$Pb1 = 89/1682 = 0.05$$

$$Pb2 = 243/1682 = 0.14$$

Dan seterusnya.

Tabel 8 Tabel Distribusi Kumulatif Tahun 2021 Pada Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2021	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif
Februari	89	0.05	0.05
April	243	0.14	0.20

Bulan	Frekuensi 2021	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif
Juni	298	0.18	0.37
Agustus	396	0.24	0.61
Oktober	243	0.14	0.75
Desember	413	0.25	1.00
Jumlah	1682	1	

Pada tabel 8 memperlihatkan hasil dari nilai perhitungan distribusi kumulatif 2021 pada tingkat lonjakan pendaftar vaksin *Booster*

Tabel 9 Tabel Interval Angka Acak Tahun 2021 Ada Lonjakan Pendaftaran Vaksin Di Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2021	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif	Interval Angka Acak
Februari	89	0.05	0.05	0-5
April	243	0.14	0.20	6-20
Juni	298	0.18	0.37	21-37
Agustus	396	0.24	0.61	38-61
Oktober	243	0.14	0.75	61-75
Desember	413	0.25	1.00	76-100
Jumlah	1682	1		

Pada tabel 9 Menyajikan penentuan interval angka acak dengan interval antara 0 sampai 100.

Tabel 10 Hasil dari Simulasi Pada Tahun 2022

Bulan	Bilangan Acak	Hasil Simulasi
Februari	44	396
April	89	413
Juni	71	243
Agustus	98	413
Oktober	8	243
Desember	44	396

Pada tabel 10 menampilkan hasil simulasi perhitungan prediksi lonjakan pendaftaran Vaksin *Booster* pada puskesmas Martubung pada tahun 2022.

Tabel 11 Tabel Distribusi Probabilitas Tahun 2022 Pada Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2022	Distribusi Probabilitas
Februari	93	0.10
April	164	0.17
Juni	236	0.24
Agustus	150	0.15
Oktober	185	0.19
Desember	147	0.15
Jumlah	975	1

Pada tabel 11 Menampilkan hasil distribusi probabilitas pada tahun 2022 yang didapatkan dari :

$$Pb1 = 93/975 = 0.10$$

$$Pb2 = 164/975 = 0.17, \text{ dan seterusnya.}$$

Tabel 12 Tabel Distribusi Kumulatif Tahun 2022 Pada Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2022	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif
Februari	93	0.10	0.10
April	164	0.17	0.26
Juni	236	0.24	0.51
Agustus	150	0.15	0.66
Oktober	185	0.19	0.85
Desember	147	0.15	1.00
Jumlah	975	1	

Pada Tabel 12 Memperlihatkan nilai dari hasil distribusi kumulatif untuk tahun 2022 pada tingkat lonjakan pendaftar vaksin *Booster*.

Tabel 13 Interval Angka Acak Tahun 2022 Ada Lonjakan Pendaftaran Vaksin Di Puskesmas Martubung

Bulan	Frekuensi 2022	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif	Interval Angka Acak
Februari	93	0.10	0.10	0-10
April	164	0.17	0.26	11-26
Juni	236	0.24	0.51	27-51
Agustus	150	0.15	0.66	52-66
Oktober	185	0.19	0.85	67-85
Desember	147	0.15	1.00	86-100
Jumlah	975	1		

Pada tabel 13 Menyajikan penentuan interval angka acak dengan interval antara 0 sampai 100.

Tabel 14 Hasil dari Simulasi Pada Tahun 2023

Bulan	Bilangan Acak	Hasil Simulasi
Februari	44	236
April	89	147
Juni	71	185
Agustus	98	147
Oktober	8	93
Desember	44	236

Pada tabel 14 Menampilkan hasil simulasi perhitungan prediksi lonjakan pendaftaran Vaksin *Booster* pada puskesmas Martubung pada tahun 2023. Jelas terlihat bahwa lonjakan pendaftar vaksin *Booster* terus meningkat disetiap tahunnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kepada data yang telah dikumpulkan pada 3 tahun terakhir yaitu pada tahun 2020, 2021, dan 2022 maka bisa disimpulkan bahwa penerapan Simulasi *Monte Carlo* bisa diterapkan dalam mengukur dan memprediksi tingkat lonjakan pendaftaran Vaksin *Booster* pada Puskesmas Martubung pada tahun 2023 dan tahun yang akan datang. Dimana dari data tahun 2020 dapat di hasilkan simulasi untuk tahun 2021 sebanyak 130 pendaftar, untuk tahun 2022 sebanyak 398 pendaftar dan untuk tahun 2023 sebanyak 236 pendaftar. Dengan demikian penerapan Simulasi *Monte Carlo* ini dapat dijadikan sebagai alternatif yang dapat membantu Puskesmas Martubung dalam memprediksi nilai lonjakan pendaftar vaksin serta mengambil kebijakan dalam upaya untuk meningkatkan kualitas dalam pelayanan terhadap pendaftar Vaksin *Booster* di Puskesmas Martubung.

DAFTAR PUSTAKA

- AKBAR, A. A., ALAMSYAH, H., & RISKA. 2020. Simulasi Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru Universitas Dehasen Bengkulu Menggunakan Metode Monte Carlo (Vol. Vii). Bengkulu: Jurnal Pseudocode.
- HIDAYAH, H. 2022. Metode Monte Carlo Untuk Memprediksi Jumlah Tamu Menginap.

Jurnal Informasi Dan Teknologi, Vol. Iv, No. 1, Hal : 76-80, E-Issn : 2714-9730

- GENI, Y. B., SANTONY, J., & SUMIJAN. 2017. Prediksi Pendapatan Terbesar pada Penjualan Produk Cat dengan Menggunakan Metode Monte Carlo. Padang : Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis, Vol. 1, No. \$, Hal : 15-20, ISSN : 2714-8491.
- MAHESSYA, A. R., MARDIANTI, L., & SOVIA, R. 2017. Pemodelan Dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Pelanggan Menggunakan Metode Monte Carlo Pada Pt Pos Indonesia (Persero) Padang. Padang : Jurnal Ilmu Komputer, Vol. VI, No. 1, Hal : 15-24, E-ISSN : 2579-3918.
- SIRINGO, M. A. 2017. Simulasi Optimalisasi Jadwal Keberangkatan Kapal Ferry Dengan Metode Monte Carlo (Studi Kasus Di Pelabuhan International Sekupang Batam). Batam : Jurnal ISD, Vol. II, No. 2, E-ISSN : 2528-5114.
- MARDIATI, D. 2020. Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Tingkat Lonjakan Penumpang. Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis, 92-97.
- QAVAMY, Z., GHAVAMI, B., NABAVI, M. & SAVARIA, Y., 2012. Non-parametric Statistical Time Analysis based on Monte Carlo Parallel Boost, 2021 IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), DOI: 10.1109/MWSCAS47672.2021.9531688
- BENJAMIN F. JAMROZ., DYLAN F. WILLIAMS., JACOB D. REZAC., MICHAEL FREY., AMANDA A. & KOEPKE., 2019. Accurate Monte Carlo Uncertainty Analysis for Various Measurements of Microwave Systems, 2019 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), DOI: 10.1109/MWSYM.2019.8701028.
- GUAN. T., WANG. D., & SU. Y.X., 2021. Monte Carlo Based Research of RFID Virtual Tag Location Algorithm, 2021 IEEE 13th International Conference on Computer Research and Development (ICCRD), ISBN: 978-1-6654-4651-8 DOI: 10.1109/ICRD51685.2021.9386426.
- WEN. T.S., MAO. R. & TAN. C., 2020. Parallel Monte Carlo Simulation of VaR Calculation Based on Intel MIC Architecture, 2020 International Conference on Big Data Education and Informatization (ICBDIE), ISBN-E: 978-1-7281-5900-3, DOI: 10.1109/ICBDIE50010.2020.00116.
- SARAGIH N.E., ASTUTI E., PARHUSIP A.A. & NIRMALASARI T., 2019. Penentuan

- Jumlah Produksi Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo, 2018 6th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), ISBN-E: 978-1-5386-5434-7, DOI: 10.1109/CITSM.2018.8674304.
- MATVEEVA I., *et al.*, 2020. Monte Carlo simulation of Raman light scattering and Resolution of Multivariate Curves – Alternating Least Squares for the determination of skin tissue changes during the development of malignant neoplasms, 2020 International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT), ISBN-E: 978-1-7281-7041-1, DOI: 10.1109/ITNT49337.2020.9253244.
- DECHGUMMARN Y., *et al.*, 2022. Electrical Power Distribution System Reliability Assessment using Multinomial Monte Carlo Simulations, International Electrical Engineering Congress 2022 (iEECON), ISBN-E: 978-1-6654-0206-4, DOI: 10.1109/iEECON53204.2022.9741580
- OKTALIA, R.D, AWANDANI, A. & KALIJAGA, M.A, 2021. Optimization of supply and demand of bread sales as an over production solution in Hani Cake and Bakery, Published in *Teknika*, Vol. 17, no. 2, pp. 255–261, <https://doi.org/10.36055/tjst.v17i2.12407>
- SANGWONGWANICH, A. & BLAABJERG, F., 2021. Monte Carlo Simulation With Incremental Damage for Reliability Assessment of Power Electronics, Published in: *IEEE Transactions on Power Electronics* Volume: 36, Issue: 7, July 2021, DOI: 10.1109/TPEL.2020.3044438.
- SANO, N. & FUKUI, Y. 2021. Fundamental Aspects of Semiconductor Device Modeling Associated With Discrete Impurities: Monte Carlo Simulation Scheme, Published in: *IEEE Transactions on Electron Devices* (Volume: 68, Issue: 11, November 2021), Page(s): 5394 – 5399, DOI: 10.1109/TED.2021.3082804.
- SYROMYATNIKOV, A., KLAVSYUK, A., & SALETSKY, A. 2022. Two Possible Ways of Forming Ordered Magnetic Chains on a Metal Surface: Monte Carlo Simulations, Published in: *IEEE Magnetics Letters* (Volume: 13), DOI: 10.1109/LMAG.2021.3132889.
- ZHOU, Z., ZHU, L., XIE, Z. & CHEN, B., 2022. Monte Carlo Simulation of High-Speed MWIR HgCdTe e-APD, Published in: *IEEE Transactions on Electron Devices* (Volume: 69, Issue: 7, July 2022), Page(s): 3753 – 3760, DOI: 10.1109/TED.2022.3177159.
- Gao, G., Zhu, X., Meng, C. & Wang, S., 2022. Evaluation of Ship Magnetic Protection Capability Based on Monte Carlo Simulation and Comprehensive Empowerment Published in: *IEEE Sensors Journal* (Volume: 22, Issue: 20, 15 October 2022), Page(s): 19867 – 19878, DOI: 10.1109/JSEN.2022.3203964.
- ARTIKA, C., DUR, S. & HUSEIN, I., 2023. Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Tandan Buah Segar (Tbs) Dengan Metode Simulasi Monte Carlo, Published in *Jurnal Lebesgue*, Vol. 4, no. 1, pp. 246 – 251, <https://doi.org/10.46306/lb.v4i1.241>.
- BURKHARD PLAUM, 2023. Estimation of the Effects of Spurious Modes in Linear Microwave Systems Using a Monte Carlo Algorithm, Published in: *IEEE Journal of Microwaves*, Volume: 3, Issue: 3, July 2023, DOI: 10.1109/JMW.2023.3283152
- HALL, T., DELPORT, J.A. & FOURIE, C.J., 2023. Determination of the Bit Error Rate Due to Thermal Noise Using JoSIM Superconducting Circuit Simulator and the Monte Carlo Method, Published in: *IEEE Transactions on Applied Superconductivity* (Volume: 33, Issue: 5, August 2023), DOI: 10.1109/TASC.2023.3251940.
- LADBURY, R., 2023. Monte Carlo Tools for Assessing See Data Quality for Different Types of Analyses, Published in: *IEEE Transactions on Nuclear Science* (Volume: 70, Issue: 4, April 2023), Page(s): 496 – 504, DOI: 10.1109/TNS.2022.3217418.
- MULIA, J.R. & AFIF, A., 2023. Simulasi Monte Carlo Untuk Memprediksi Jumlah Penerimaan Bantuan Sosial Pangan, *Jurnal Responsive Teknik Informatika*, Desember 2023 | Vol. 7 | No. 2, E-ISSN : 2614-7602, DOI: <https://doi.org/10.36352/jr.v7i02.758>
- RAHMAWATI, T., *et al.*, 2024. Analisis Prediksi Penjualan Wedang Uwuh Instan dengan Simulasi Algoritma Monte Carlo, Published in *G-Tech*, Vol. 8, no. 1, <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i1.3705>
- WU, Q., FANG, J., ZENG, J., WEN, J. & LUO, F., 2024. Monte Carlo Simulation-Based Robust Workflow Scheduling for Spot Instances in Cloud Environments, Published in: *Tsinghua Science and Technology*, TUP, Volume: 29, Issue: 1, February 2024, Page(s): 112 – 126, DOI: 10.26599/TST.2022.9010065.

Halaman ini sengaja dikosongkan.