

# Pengaruh Distribusi dan Parameter terhadap Kinerja Sistem Antrian

Mukarramah Yusuf

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Email: [mukarramah.yusuf@unhas.ac.id](mailto:mukarramah.yusuf@unhas.ac.id)

Email Penulis Korespondensi: [mukarramah.yusuf@unhas.ac.id](mailto:mukarramah.yusuf@unhas.ac.id)

**Abstrak**—Simulasi kejadian diskrit banyak digunakan untuk mengevaluasi kinerja sebuah sistem antrian. Pada simulasi tersebut distribusi data dan parameternya ditentukan untuk mendekati kondisi riil dari proses-proses yang terjadi pada sebuah sistem antrian. Hanya saja, sistem antrian dengan distribusi data serta parameternya selama ini bersifat tidak umum yaitu spesifik terhadap sebuah sistem tertentu meskipun menjalankan layanan dan miliki struktur sistem yang sama misalnya puskesmas, B dan C. Penelitian ini menganalisa berapa besar perbedaan sistem antrian yang dihasilkan apabila sistem menggunakan parameter distribusi yang berbeda. Analisa dilakukan dengan membangun model antrian M/M/1 dan M/M/2, kemudian melakukan benchmark terhadap beberapa parameter distribusi eksponensial dan distribusi segitiga yang digunakan untuk membangkitkan jeda waktu antar kedatangan objek antrian serta waktu layanan. Pertambahan 60 pada parameter distribusi eksponensial (1 menit laju kedatangan pasien) menyebabkan rata-rata jumlah pasien dalam antrian berkurang sebanyak 4 orang, dan frekuensi antrian besar berkurang sampai 5 kali. Perbedaan 0,5 pada parameter distribusi segitiga (waktu layanan lebih cepat 0,5 menit) menghasilkan pengurangan waktu tunggu sebesar 0 - 0,2 menit, juga berdampak terhadap frekuensi antrian dan antrian besar yang dapat berkurang sampai 9 kali. Sementara itu, perbedaan jumlah server satu dan dua pada sistem dapat mengurangi antrian besar dari 16 sampai menjadi nol.

**Kata Kunci:** Simulasi; Kejadian Diskrit; Sistem Antrian; Parameter Distribusi

**Abstract**—Discrete event simulation is widely used to evaluate the performance of a queuing system. In those simulations, the data distribution and parameters are determined to approximate the real conditions of the processes that occur in a queuing system. However, the queuing systems with their data distribution and parameters have so far been very specific to a particular system, not general to other systems that run a similar service and own a similar system structure, for example puskesmas, B and C. This research analyzes how much differences the queuing system produces when the system uses different parameters for their data distribution. The analysis is carried out by building the M/M/1 and M/M/2 queue models, then benchmarking several parameters of the exponential distribution and triangular distribution which are used to generate the time lag between arrivals of queue objects and service times. An increase of 60 in the exponential distribution parameter (1 minute patient arrival rate) causes the average number of patients in the queue to decrease by 4 people, and the frequency of large queues to decrease by 5 times. A difference of 0.5 in the triangular distribution parameter (faster service time 0.5 minutes) results in a reduction in waiting time of 0 - 0.2 minutes, and has an impact on the frequency of queues and large queues which can be reduced up to 9 times. Meanwhile, the difference in the number of servers which is one and two on the system can reduce the queue size from 16 to zero.

**Keywords:** Simulation; Discrete Events; Queuing System; Distribution Parameters

## 1. PENDAHULUAN

Simulasi kejadian diskrit banyak digunakan untuk memodelkan dan memvisualisasikan sebuah sistem antrian, yang pada umumnya bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem antrian tersebut. Aplikasi simulasi kejadian diskrit pada sistem antrian dapat kita temui pada banyak studi misalnya [1-10]. Pada studi-studi tersebut, sistem kejadian diskrit selain berhasil memodelkan sistem antrian, juga menghasilkan usulan atau gambaran perbaikan kinerja sistem bila variabel pada sistem diubah, misalnya dengan mengubah jumlah server. Hanya saja, studi-studi tersebut bersifat spesifik terhadap sistem yang dimodelkan [11,12], misalnya rumah sakit A atau Pelabuhan X, dan tidak bersifat umum terhadap sistem yang menjalankan fungsi yang serupa misalnya rumah sakit B, C dan seterusnya, demikian juga dengan Pelabuhan Y, Z, dan seterusnya yang memiliki karakteristik sistem yang sama.

Pada simulasi sistem antrian, bilangan acak dibangkitkan untuk mewakili kejadian-kejadian diskrit dari sistem yang sedang disimulasikan, misalnya waktu kedatangan objek yang akan memasuki sistem antrian pergudangan, atau misalnya waktu pelayanan di loket pendaftaran pasien sebuah fasilitas kesehatan. Bilangan acak yang digunakan dibangkitkan berdasarkan jenis distribusi data yang ditetapkan untuk menghasilkan bilangan acak yang dianggap mendekati kondisi real dari variabel simulasi. Jenis distribusi yang digunakan dipilih berdasarkan data sample dari lapangan misalnya [13,14,15].

Permasalahan sistem antrian yaitu tidak bersifat umum dan spesifik pada sebuah sistem riil hanya dibedakan oleh perbedaan kecil parameter yang digunakan pada jenis distribusi yang dipilih sebagai distribusi yang paling mewakili kondisi riil sistem, misalnya lama waktu antar kedatangan pasien ke fasilitas kesehatan disimulasikan dengan distribusi eksponensial dengan parameter 115 dan 210 [13].

Penelitian ini menganalisa berapa besar perbedaan sistem antrian yang disimulasikan apabila menggunakan parameter yang berbeda, pada sebuah sistem antrian yang memiliki struktur serupa. Misalnya bagian pendaftaran pasien di rumah sakit A, B dan C yang masing-masing memiliki jumlah loket pelayanan yang sama (satu atau dua), di mana waktu pendaftaran dibatasi, misalnya hanya dari pukul 08.00 – 10.00. Pengetahuan tentang perbedaan ini dapat dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan penggunaan jenis distribusi pada simulasi sistem dengan struktur serupa seperti yang dicontohkan di atas.

Analisa dilakukan dengan membangun model antrian M/M/1 dan M/M/2, kemudian melakukan perbandingan antrian yang terjadi bila parameter-parameter distribusi diubah. Antrian dinilai dengan menghitung rata-rata jumlah pasien

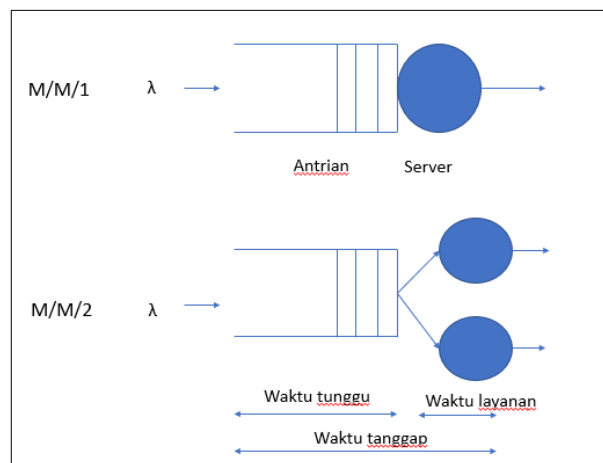
dalam antrian, rata-rata waktu tunggu, frekuensi antrian dan frekuensi antrian besar (yaitu antrian berisi pasien lebih dari sepuluh).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Studi ini akan menganalisa pengaruh pemilihan parameter distribusi data terhadap sebuah sistem antrian M/M/1 dan M/M/2 dengan cara membangun model dari sistem antrian M/M/1 dan M/M/2 kemudian membangkitkan data simulasi berdasarkan jenis distribusi dan parameter yang akan dianalisa. Rata-rata jumlah pasien dalam antrian, rata-rata waktu tunggu, frekuensi antrian dan frekuensi antrian pasien lebih dari sepuluh (antrian besar) kemudian dihitung dan dibandingkan berdasarkan parameter distribusi yang digunakan.

### 2.1 Model Sistem Antrian M/M/1 dan M/M/2

Model antrian M/M/c adalah proses stokastik yang state spacenya adalah himpunan  $\{0, 1, 2, 3, \dots\}$  yang nilainya sesuai dengan jumlah objek antrian dalam sistem, termasuk yang sedang berada dalam proses mendapatkan layanan. Kedatangan objek pada sistem antrian terjadi dengan laju  $\lambda$  yang mengikuti proses Poisson dan memindahkan proses dari keadaan  $i$  ke  $i+1$  [16].



Gambar 1. Model antrian M/M/1 dan M/M/2

Jika jumlah objek antrian yang membutuhkan layanan kurang dari  $c$ , beberapa server akan menganggur, sementara jika objek antrian lebih dari  $c$ , objek akan mengantri dalam buffer. Buffer berukuran tak terbatas yaitu tidak ada batasan jumlah objek yang dapat ditampungnya. Lamanya objek berada dalam buffer adalah waktu tunggu, sementara durasi mendapatkan pelayanan adalah waktu layanan. Semua waktu kedatangan dan waktu pelayanan diasumsikan tidak tergantung satu sama lain (independent). Satu server melayani objek antrian satu per satu dari depan antrian, mengikuti prinsip first in first serve. Ketika layanan selesai, objek antrian meninggalkan antrian dan jumlah objek dalam sistem berkurang satu. Gambar 1 menunjukkan sistem antrian M/M/1 dan M/M/2 yaitu sistem antrian dengan satu dan dua server. Server yang akan memberikan pelayanan berikut terhadap antrian terdepan adalah server yang tidak sedang bekerja.

### 2.2 Distribusi Bilangan Acak Sistem

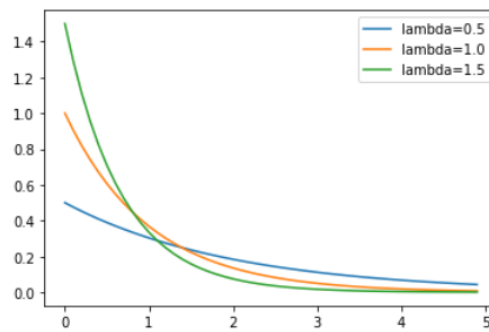
Dalam simulasi sistem antrian, bilangan acak dibangkitkan mengikuti jenis distribusi tertentu. Dua contoh proses yang disimulasikan dalam sebuah sistem antrian adalah jeda waktu kedatangan (objek) ke sistem antrian, dan lamanya waktu layanan. Dalam studi ini jeda waktu antara kedatangan objek disimulasikan dengan distribusi eksponensial, dan lamanya waktu layanan disimulasikan menggunakan distribusi segitiga.

#### 2.2.1 Distribusi Ekspensial

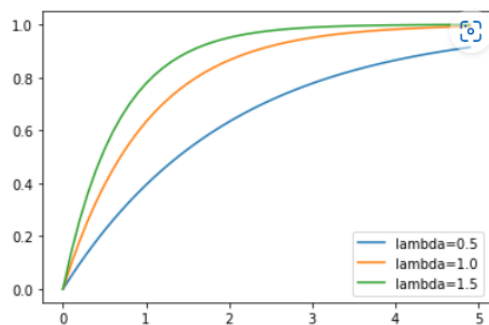
Distribusi eksponensial adalah distribusi dari probabilitas waktu antar peristiwa (*event*) dalam proses Poisson, yaitu proses di mana peristiwa (*event*) terjadi secara terus menerus dan independen dengan laju rata-rata yang konstan [15]. Probability density function dan cumulative distribution function distribusi eksponensial ditunjukkan oleh persamaan (1) dan (2). Gambar 2 dan gambar 3 masing-masing mengilustrasikan probability density function dan cumulative distribution function dari distribusi eksponensial dengan tiga nilai parameter  $\lambda$  yang berbeda yaitu 0,5; 1,0; dan 1,5.

$$f(x; \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0, \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$F(x; \lambda) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} & x \geq 0, \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (2)$$



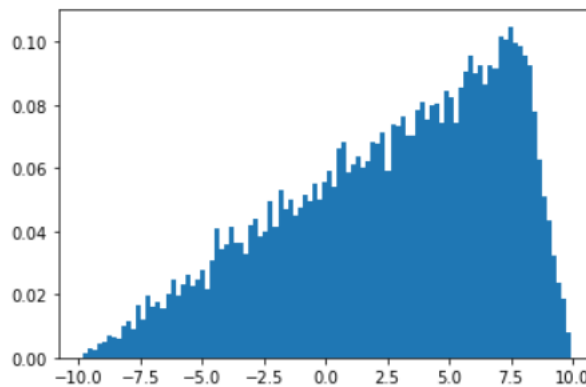
**Gambar 2.** Probability distribution function dari distribusi eksponensial



**Gambar 3.** Cumulative distribution function dari distribusi eksponensial

### 2.2.2 Distribusi Segitiga

Distribusi segitiga merupakan distribusi probabilitas kontinu dengan batas bawah  $a$ , batas atas  $b$ , dan modus  $c$ , dengan  $a < b$  dan  $a \leq c \leq b$ . Gambar 4 adalah histogram dari lima belas ribu bilangan acak distribusi segitiga dengan  $a = -10$ ,  $b = 10$  dan  $c = 8.8$ .



**Gambar 4.** Histogram dari lima belas ribu bilangan acak yang dibangkitkan dari distribusi segitiga dengan parameter  $a = -10$ ,  $b = 10$  dan  $c = 8.8$

## 2.2 Model Sistem Antrian dan Rancangan Simulasi

Sistem antrian M/M/1 dan M/M/2 pada studi dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python [17]. Pada kedua model sistem antrian M/M/1 dan M/M/2 yang dibangun, waktu antar kedatangan pengunjung akan menggunakan distribusi eksponensial, dan waktu layanan registrasi akan menggunakan distribusi segitiga mengikuti beberapa penelitian terdahulu [13,14] yang dilakukan terhadap fasilitas kesehatan. Sistem antrian M/M/1 dan M/M/2 akan disimulasikan sepanjang 120 satuan waktu (mengasumsikan 120 menit terbukanya waktu registrasi untuk berobat di fasilitas kesehatan berupa Puskesmas).

Pada masing-masing model sistem antrian M/M/1 dan M/M/2, digunakan tiga macam parameter untuk distribusi eksponensial sebagai distribusi waktu antar kedatangan pengunjung yaitu 2 menit, 2,5 menit dan 3 menit. Sementara untuk waktu registrasi digunakan parameter 2,5; 3,3; 6,5 seperti pada studi [14]. Himpunan parameter yang berbeda yaitu 2,0; 3,3; 6,5 dipilih untuk melihat perbaikan yang mungkin ada pada sistem antrian bila registrasi dapat dilakukan dalam waktu yang lebih cepat yaitu 2 menit, dibandingkan dengan waktu 2,5 menit. Proses pada sistem, distribusi yang digunakan dan parameternya dirangkum dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Jenis distribusi dan parameter yang digunakan pada sistem simulasi

Proses	Distribusi	Parameter
Antar waktu kedatangan	Eksponensial	120
		150
		180
Waktu layanan	Segitiga	2,5; 3,3; 6,5 2,5; 3,3; 6,5

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rata-rata jumlah pasien dalam antrian, rata-rata waktu tunggu, frekuensi antrian dan frekuensi antrian pasien lebih dari sepuluh (antrian besar) untuk sistem antrian M/M/1 dan M/M/2, masing-masing untuk parameter distribusi eksponensial dan distribusi segitiga yang dipaparkan pada Sub bab 2.3 dapat dilihat di Tabel 2.

#### 3.1 Distribusi eksponensial dan parameternya

Parameter yang berbeda terhadap distribusi eksponensial menyebabkan jumlah rata-rata objek yang memasuki sistem antrian berkurang. Masing-masing parameter 120, 150 dan 180 menghasilkan jumlah objek antrian menjadi kisaran 60-an, 48 dan kisaran 40-an, yang tidak berpengaruh baik sistem antrian itu merupakan single server ataupun two servers. Hal ini sesuai dengan definisi dari parameter yang diwakili oleh distribusi eksponensial tersebut yaitu jeda waktu antar kedatangan objek, sehingga bila jeda waktu tersebut bertambah, maka objek yang akan tiba dalam kurung waktu yang sama pada sistem antrian akan berkurang. Pada sebuah fasilitas kesehatan misalnya, parameter distribusi eksponensial ini akan ditentukan oleh berapa banyak (rata-rata jumlah) pasien dalam sehari.

Rata-rata jumlah pasien dalam antrian akan berkurang seiring dengan membesarnya parameter distribusi eksponensial. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya objek yang masuk ke dalam sistem antrian. Pada sistem antrian single server M/M/1, perubahan parameter distribusi eksponensial yaitu sebesar 0.5 menit menyebabkan perbedaan rata-rata jumlah pasien dalam antrian sebanyak 3-7 orang (saat jeda waktu antar kedatangan adalah 2 menit, rata-rata jumlah pasien adalah 18, yang berkurang menjadi 11 saat jeda waktu antar kedatangan menjadi 2,5 dan menjadi 8 orang saat jeda waktu kedatangan adalah 3 menit. Perbedaan tersebut tidak jauh berbeda saat parameter distribusi segitiga untuk layanan diubah melambat 0,5 menit dari (2,5;3,3;6,5) menjadi (2,0;3,3;6,5), di mana rata-rata jumlah pasien dalam antrian berubah dari 19 orang menjadi 11 kemudian 7 orang untuk perubahan parameter distribusi eksponensial sebesar 0.5 menit.

Perbedaan parameter distribusi eksponensial hanya memberikan perbedaan dari parameter 120 dan parameter 150 rata-rata jeda waktu antar kedatangan 2 menit dan 2,5 menit, yang memberikan perbedaan rata-rata objek dalam antrian sebanyak 2-4 orang (yaitu dari 5 orang menjadi 3 orang, dari 7 orang menjadi 3 orang).

Frekuensi terjadinya antrian juga berkurang dengan membesarnya parameter distribusi eksponensial, dan bertambah dengan parameter distribusi segitiga yang mengecil. Frekuensi antrian besar berkurang sebanyak seperdua kali lipat (43 kali menjadi 23 kali lalu menjadi 11 kali (atau 9 kali)) saat parameter distribusi eksponensial bertambah 0.5 menit.

**Tabel 2.** Kinerja sistem antrian M/M/1 dan M/M/2 dari simulasi sepanjang 120 menit

Distribusi dan parameter	Sistem Antrian	Rata-rata jumlah keseluruhan objek dalam sistem	Rata-rata jumlah objek dalam antrian	Rata-rata waktu tunggu (menit)	Frekuensi antrian	Frekuensi antrian besar
Eksponensial (120) Segitiga (2,5;3,3;6,5)	M/M/1	62	18	1,9	59	43
	M/M/2	62	5	1,7	48	7
Eksponensial (150) Segitiga (2,5;3,3;6,5)	M/M/1	48	11	2,5	45	23
	M/M/2	48	3	1,9	24	0
Eksponensial (180) Segitiga (2,5;3,3;6,5)	M/M/1	41	8	2,8	37	11
	M/M/2	43	3	2.2	17	0
Eksponensial (120) Segitiga (2,0;3,3;6,5)	M/M/1	65	19	1.8	63	45

	M/M/2	63	7	1,7	44	16
Ekspensial (150)	M/M/1	48	11	2,5	45	23
Segitiga (2,0;3,3;6,5)						
	M/M/2	48	3	1,9	19	0
Ekspensial (180)	M/M/1	41	7	2,6	36	9
Segitiga (2,0;3,3;6,5)						
	M/M/2	41	3	2,5	11	0

### 3.2 Distribusi segitiga dan parameternya

Perbedaan 0,5 menit pada parameter distribusi segitiga (waktu minimal 2,5 menit menjadi 2,0 menit) menghasilkan pengurangan waktu tunggu sebesar 0,1 – 0,2 menit pada sistem dengan  $\lambda$  sebesar 120 dan 180, sementara sistem antrian dengan  $\lambda$  adalah 150, perbedaan parameter distribusi segitiga ini tidak menghasilkan perubahan pada rata-rata waktu tunggu. Frekuensi antrian dan frekuensi antrian besar memiliki perbedaan 0 – 9 kali saat parameter distribusi segitiga diubah dari  $a=2,5$  menjadi  $a=2,0$ . Ini artinya perbedaan waktu layanan yang kadang-kadang lebih cepat setengah menit berpotensi mengurangi antrian besar (lebih dari 10 orang).

### 3.3 Sistem antrian M/M/1 dan M/M/2

Sistem antrian satu server dan dua server memperlihatkan perbedaan besar dari sisi terjadinya antrian besar. Perbedaan sebesar 0,5 menit untuk jeda waktu kedatangan yaitu parameter 120 dan 150 menyebabkan frekuensi antrian besar menghilang (yaitu dari 7 menjadi nol, atau bahkan dari 16 menjadi nol). Frekuensi antrian berkurang sebesar sampai 20 kali untuk perbedaan parameter 0,5 menit, sementara waktu tunggu dalam antrian berkurang sebanyak 0,1 menit sampai 0,6 menit bila jumlah server bertambah.

Rata-rata jumlah objek dalam antrian M/M/2 juga berkurang menjadi setengah kali dari jumlah objek dalam antrian sistem M/M/1, yaitu dari 18 orang menjadi 5 orang, atau 8 orang menjadi 3 orang. Reduksi terbesar terjadi saat parameter ekspensial adalah 150, dimana rata-rata jumlah objek dalam antrian M/M/1 yang sebesar 11 orang, menjadi hanya 3 orang pada sistem M/M/2.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Parameter dari distribusi ekspensial akan menentukan berapa banyak objek yang akan memasuki sistem antrian. Rata-rata jumlah pasien dalam antrian berkurang sebanyak 4 orang seiring dengan penambahan 1 menit pada laju kedatangan (pertambahan 60 pada parameter distribusi ekspensial). Frekuensi terjadinya antrian juga berkurang dengan membesarnya parameter distribusi ekspensial, dan bertambah dengan parameter distribusi segitiga yang mengecil. Hal yang sama terjadi pada frekuensi antrian besar berkurang sampai 5 kali lipat dengan pertambahan parameter distribusi ekspensial sebesar 60. Perbedaan 0,5 menit pada parameter distribusi segitiga menghasilkan pengurangan waktu tunggu sebesar 0 - 0,2 menit. Frekuensi antrian dan antrian besar dapat berkurang sampai 9 kali saat parameter distribusi segitiga diubah dari  $a=2,5$  menjadi  $a=2,0$ . Sementara itu, perbedaan jumlah server pada sistem dapat mengurangi antrian besar dari 16 sampai menjadi nol, Analisa pada studi ini hanya dilakukan terhadap sebuah sistem sederhana yaitu satu layer proses layanan dan objek-objek memasuki sistem antrian, kemudian akan mendapatkan pelayanan oleh satu atau dua server. Pada kondisi riil, sebuah sistem antrian dapat memiliki struktur lebih kompleks, yaitu server bertingkat, misalnya bila pada sistem tersebut terdapat layanan registrasi (yaitu objek tidak langsung mendapatkan pelayanan inti dari sistem antrian). Sistem dengan server bertingkat akan memiliki sistem antrian yang lebih dari satu, dan penggunaan parameter yang berbeda terhadap distribusi yang digunakan di setiap bagian dari sistem tersebut akan menghasilkan kinerja sistem antrian yang berbeda dan perlu dianalisa juga.

## REFERENCES

- [1] Kalwar, M.A., Marri, H.B., Khan, M.A. and Khaskheli, S.A. Applications of queuing theory and discrete event simulation in health care units of Pakistan. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 10(109), pp.6-18, 2021.
- [2] Fun, W.H., Tan, E.H., Khalid, R., Sararaks, S., Tang, K.F., Ab Rahim, I., Md. Sharif, S., Jawahir, S., Sibert, R.M.Y. and Nawawi, M.K.M. Applying Discrete Event Simulation to Reduce Patient Wait Times and Crowding: The Case of a Specialist Outpatient Clinic with Dual Practice System In Healthcare. *MDPI*, Vol. 10, No. 2, p. 189, Jan 2021.
- [3] Shakoor, M., Qureshi, M.R., Jadayil, W.A., Jaber, N. and Al-Nasra, M. Application of discrete event simulation for performance evaluation in private healthcare: The case of a radiology department. *International Journal of Healthcare Management*, 14(4), pp.1303-1310, 2021.
- [4] Shakoor, M., Al-Nasra, M., Abu Jadayil, W., Jaber, N. and Abu Jadayil, S., 2017. Evaluation of provided services at MRI department in a public hospital using discrete event simulation technique: A case study. *Cogent Engineering*, 4(1), p.1403539.
- [5] S. P. Varma, "Waiting Time Reduction in a Local Health Care Centre Using Queuing Theory," *IOSR J. Math.*, vol. 12, no. 1, pp. 95–100, 2016, doi: 10.9790/5728-121495100

- [6] S. K. Mwangi and T. M. Ombuni, "An empirical analysis of queuing model and queuing behaviour in relation to customer satisfaction at Jkuat Students Finance Office," *Am. J. Theor. Appl. Stat.*, vol. 4, no. 4, pp. 233–246, 2015, doi: 10.11648/j.ajtas.20150404.12.
- [7] S. A. Yusuff, "Analysis of Expected, Actual Waiting Time and Service Delivery : Evidence from Nigeria Banking Industry," *Int. J. Humanit. Soc. Stud.*, vol. 3, no. 1, pp. 398-402, 2015.
- [8] H. A. Haghighejad et al., "Using Queuing Theory and Simulation Modelling to Reduce Waiting Times in An Iranian Emergency Department," *IJCBNM January*, vol. 44, no. 11, pp. 11–26, 2016.
- [9] Preston, G.C., Horne, P., Scaparra, M.P. and O'Hanley, J.R, Masterplanning at the Port of Dover: The use of discrete-event simulation in managing road traffic. *Sustainability*, 12(3), p.1067.2020.
- [10] Rusgiyanto, F., Sjafruddin, A., Frazila, R.B. and Suprayogi, S., 2017, June. Discrete event simulation model for external yard choice of import container terminal in a port buffer area. In *AIP Conference Proceedings (Vol. 1855, No. 1)*. AIP Publishing.
- [11] Günal, M.M. and Pidd, M. Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature. *Journal of Simulation*, 4, pp.42-51, 2010.
- [12] Zhang, X., 2018. Application of discrete event simulation in health care: a systematic review. *BMC health services research*, 18(1), pp.1-11.
- [13] Santosa, A., Sagathi, M. and Situmorang, M.R. Simulation of First Level Health Care Facilities to Reduce Patient Flow Time. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Vol. 662, No. 4*, p. 042004. IOP Publishing, Nov 2019.
- [14] Amelia, P., Lathifah, A., Haq, M.D., Reimann, C.L. and Setiawan, Y. Optimising outpatient pharmacy staffing to minimise patients queue time using discrete event simulation. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, 7(2), pp.102-111, 2021.
- [15] Yemane, A.M., Heniey, H.A. and Gebrehiwet, K.G. Performance measurement and improvement of healthcare service using discrete event simulation in bahir dar clinic. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 14(2), pp.41-51, 2021.
- [16] Osais Y. E, *Computer Simulation*, CRC Press, Florida, 2020.
- [17] Python, <https://www.python.org/>