Simulasi Usulan Perbaikan Sistem Antrian di Bank XYZ

Era Febriana Aqidawati[a*], Isna Nugraha[b]
[a] Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Bina Nusantara University, Jakarta Indonesia 11480
[b] Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya Jawa Timur – 60294.
*Corresponding author : era.febriana@binus.ac.id

ABSTRAK

Simulasi telah menjadi suatu hal yang sangat penting pada manajemen operasi. Salah satu masalah yang dapat diselesaikan dengan menggunakan simulasi salah satunya adalah masalah antrian. Permasalahan yang ada pada sistem antrian Bank XYZ adalah penumpukan antrian di kursi tunggu dan lamanya waktu pelayanan *teller* sehingga kurang efisien bagi customer. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi sistem antrian di bank tersebut, sehingga dapat disusun usulan perbaikan bagi sistem antrian ini. Simulasi antrian ini dibuat dengan menggunakan *software* Arena. Beberapa data dikumpulkan melalui pengamatan langsung untuk membuat model antrian awal. Model simulasi antrian yang disusun dapat memberikan informasi mengenai rata – rata waktu antrian pelanggan, sehingga dapat disusun sebuah usulan perbaikan berupa pengelompokan antrian berdasarkan jenis transaksi di sistem tersebut.

Kata Kunci: Arena, Simulasi, Sistem Antrian.

ABSTRACT

Simulation has become a vital tool in operation management. One of the problems that can be solved using simulation is the queuing problem. The problems with Bank This research aims to simulate the queuing system at the bank so that improvements to this queuing system can be proposed. This queue simulation was created using Arena software. Required data was collected through direct observation to create an initial queuing model. The proposed queue simulation model can provide information about the average customer queue time so that improvements can be proposed in the form of queue grouping based on the type of transaction in the system.

Keywords: Arena, Simulation, Queuing System.

Konsorsium Seminar Nasional Waluyo Jatmiko
Vol. 16, No. 1, 2023, pp. 591~600

1. Pendahuluan

Antrian ialah suatu *waiting line* dari pelanggan (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan) [1]. Dalam kehidupan sehari-hari seringkali dijumpai antrian yang panjang dimana semua orang menunggu untuk dilayani oleh penyedia jasa. Salah satu tempat yang tidak terlepas dari masalah antrian adalah bank. Saat ini bank merupakan salah satu pelaku terpenting dalam perekonomian sebuah negara. Masyarakat umum maupun kalangan industri sangat membutuhkan jasa bank untuk memperlancar aktivitasnya. Menurut [2], bank secara sederhana dapat diartikan sebagai lembaga keuangan yang kegiatan usahanya adalah menghimpun dana dari masyarakat dan menyalurkan kembali dana tersebut ke masyarakat serta memberikan jasa-jasa bank lainnya.

Bank XYZ merupakan Bank yang bergerak dalam bidang pelayanan jasa perbankan. Bank XYZ melayani berbagai macam pelayanan seperti pembuatan buku tabungan, menabung, mentransfer, penarikan uang tunai, pelayanan pajak dan lain-lain. Pada dasarnya sebuah organisasi atau perusahaan selalu berusaha untuk meningkatkan kinerja dan pelayanannya [3], [4]. Pada Bank XYZ ini, terdapat banyaknya antrian di kursi tunggu, dikarenakan waktu pelayanan yang lama untuk beberapa *customer* sehingga antrian menumpuk. Hal ini menyebabkan beberapa *customer* pergi keluar dari bank untuk pergi ke bank lain ataupun meninggalkan antrian untuk melakukan keperluan lain yang lebih penting karena mengetahui antrian masih panjang dan banyak. Berdasarkan sudut pandang *customer,* hal ini kurang efisien. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dalam sistem antrian di Bank XYZ.

Simulasi telah menjadi suatu hal yang sangat penting pada manajemen operasi [5][6]. Salah satu masalah yang dapat diselesaikan dengan menggunakan simulasi salah satunya adalah masalah antrian[7]. Berbagai penelitian dan kajian dilakukan dengan menggunakan metode simulasi sebagai salah satu teknik untuk memecahkan masalah [8]–[10]. *Software Arena Simulation* merupakan salah satu dari perangkat lunak yang bisa digunakan untuk secara visual merepresentasikan sebuah sistem antrian [11]–[14]. Pada penelitian ini, *Software Arena Simulation* digunakan sebagai alat untuk menganalisis sistem antrian dan memecahkan masalah antrian di Bank XYZ sehingga dapat diperoleh model yang sesuai untuk mengurangi panjang antrian dan bisa meningkatkan *service level* [15].

2. Tinjauan Pustaka

Sistem antrian dapat digambarkan sebagai suatu sistem yang memiliki fasilitas pelayanan di mana unit-unit tertentu (umumnya disebut "pelanggan") datang untuk dilayani [16]. Setiap kali ada jumlah pelanggan yang lebih banyak dalam sistem daripada yang dapat ditangani oleh fasilitas layanan secara bersamaan, antrian (atau *waiting line*) akan bertambah panjang. Pelanggan yang menunggu mengambil gilirannya untuk melakukan servis sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan sebelumnya, dan setelah servis mereka meninggalkan sistem[16]. Jadi, input ke sistem terdiri dari pelanggan yang meminta pelayanan, dan outputnya adalah pelanggan yang dilayani [17]. Suatu sistem antrian biasanya dicirikan dengan istilah-istilah berikut:

1) Proses input

Misalkan pelanggan datang pada waktu t_0, t_1, t_2, ...; maka waktu antarkedatangan adalah:

$$u_r = t_r - t_{r-1}, r = 1, 2, 3, . \ ... \quad (1)$$

Variabel acak u_r, secara umum, diasumsikan independen secara statistik, dan distribusi probabilitasnya A(u) disebut distribusi waktu antar kedatangan atau, sederhananya, distribusi kedatangan atau distribusi input [18]. Pelanggan dapat berasal dari sumber yang tidak terbatas, seperti dalam kasus panggilan telepon dan seperti yang diasumsikan dalam banyak studi antrian, atau dari sumber yang terbatas [19]. Pelanggan datang sendiri-sendiri atau dalam kelompok dengan ukuran tetap atau berbeda-beda. Sistem antrian bisa saja mempunyai batas atas jumlah yang dapat diterima ke dalam sistem, seperti dalam kasus ruang tunggu yang terbatas [20].

2) Disiplin antrian

Hal ini dapat digambarkan sebagai aturan yang menentukan pembentukan antrian dan cara di mana pelanggan dipilih untuk dilayani dari mereka yang menunggu [21]. Disiplin antrian yang paling umum adalah "*first come, first served*", yaitu pelanggan akan dilayani berdasarkan urutan kedatangannya [22]. Kemungkinan lainnya adalah pemilihan layanan secara acak, aturan prioritas, atau bahkan aturan "*last come, first served*". Dalam hal prioritas, mungkin terdapat dua kelas, yaitu kelas prioritas dan kelas nonprioritas, atau mungkin terdapat beberapa kelas prioritas yang mewakili tingkat prioritas berbeda. Selain itu, mungkin ada disiplin prioritas *preemptive* yang menyatakan bahwa pelanggan dengan prioritas lebih rendah akan dikeluarkan dari layanan setiap kali pelanggan dengan prioritas lebih tinggi tiba, layanan pada unit yang diprioritaskan akan dilanjutkan hanya ketika tidak ada pelanggan dengan prioritas lebih tinggi dalam sistem. Bertentangan dengan hal ini adalah aturan prioritas *nonpreemptive*, atau *head-of-the-line*, yang mana prioritas hanya diperhitungkan pada saat dimulainya layanan, dan setelah dimulai, layanan dilanjutkan hingga selesai.

3) Mekanisme pelayanan.

Waktu yang berlalu selama suatu pelanggan dilayani disebut waktu pelayanan [21]. Waktu pelayanan v_1, v_2, v_3,… dari pelanggan-pelanggan yang berurutan diasumsikan tidak bergantung satu sama lain dan tidak bergantung pada distribusi masukan [23]. Distribusi probabilitasnya B(v) disebut distribusi waktu layanan atau, singkatnya, distribusi layanan. Spesifikasi mekanisme pelayanan meliputi jumlah server. Jadi, ada sistem server tunggal dan multiserver (kadang-kadang disebut saluran tunggal dan multisaluran). Dalam sistem layanan massal, layanan dapat diberikan dalam batch dengan ukuran tetap atau beragam.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan tahap identifikasi awal ini, yaitu melakukan studi literatur dan observasi langsung di obyek kajian. Kemudian dilakukan tahap pengumpulan dan pengolahan data. Pada tahap pengumpulan data ini didapatkan dari pengamatan langsung di bank. Pengamatan dilaksanakan pada pukul 13.00-15.30 WIB. Data yang diambil dari pengamatan dalam pembuatan simulasi antrian yaitu:

- Flowchart aliran pelayanan
- Data waktu kedatangan pelanggan
- Data waktu awal pelayanan
- Data waktu selesai pelayanan

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan selanjutnya masuk ke tahap pengolahan data. Pada tahap ini dilakukan pengolahan untuk membuat simulasi antrian seperti berikut:

1) Menghitung jarak antar kedatangan dan lama pelayanan

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data observasi meliputi data waktu kedatangan, data waktu mulai dilayani dan data waktu selesai pelayanan. Dari data tersebut dapat diketahui data distribusi kedatangan dan data distribusi pelayanan berupa jarak kedatangan dan lama pelayanan.

Konsorsium Seminar Nasional Waluyo Jatmiko
Vol. 16, No. 1, 2023, pp. 591~600

2) Menghitung data rata-rata dan standar deviasi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan data waktu rata-rata untuk mengetahui rataan dalam waktu kedatangan dan pelayanan. Tahap ini juga dilakukan perhitungan standar deviasi untuk mengetahui sebaran data yang ada sehingga sebuah nilai deviasi yang lebih besar akan memberikan makna bahwa titik data individu jauh dari nilai rata-rata.

3) Menghitung data maksimal dan minimal

Pada tahap ini dilakukan pencarian data maksimal dan data maksimal waktu kedatangan dan pelayanan. Data ini bertujuan untuk mengetahui waktu tercepat dan waktu terlama terhadap kedatangan dan pelayanan.

4) Menghitung batas atas dan batas bawah

Pada tahap ini dilakukan perhitungan batas bawah dan batas atas yang bertujuan untuk batas data yang diperbolehkan masuk kedalam sampel yang telah ditentukan sebelumnya sehingga data yang masuk kedalam sampel merupakan karakteristik sampel yang digunakan sebagai bahan untuk penelitian.

5) Menghitung rentang data, jumlah kelas dan lebar kelas

Pada tahap ini dilakukan pembuatan rentang data, jumlah kelas dan lebar kelas. Rentang data dihitung untuk menentukan seberapa besar range antara data maksimal dan minimal waktu kedatangan dan pelayanan. Pembuatan jumlah kelas bertujuan untuk medistribusikan data sesuai waktu yang dihasilkan dan lebar kelas merupakan jarak antar waktu pada setiap kelas yang telah di buat sebelumnya

6) Rekapitulasi data waktu kedatangan dan pelayanan kedalam kelas

Pada tahap ini dilakukan rekapitulasi data waktu kedatangan dan pelayanan kedalam kelas sehingga akan terbentuk distribusi pada waktu tersebut yang dapat dilihat dari seberapa banyak frekuensi banyaknya waktu pelayanan dan kedatangan yang telah dilakukan.

7) Membuat grafik distribusi

Pada tahap ini dilakukan pembuatan grafik distribusi yang bertujuan untuk melihat distribusi pada waktu kedatangan dan pelayanan yang nantinya akan diolah pada software Arena Simulation.

8) Membuat distribusi menggunakan input analyzer

Pada tahap ini dilakukan pembuatan grafik distribusi yang bertujuan untuk melihat distribusi pada waktu kedatangan dan pelayanan yang nantinya dibandingkan dengan hasil yang diperoleh menggunakan excel.

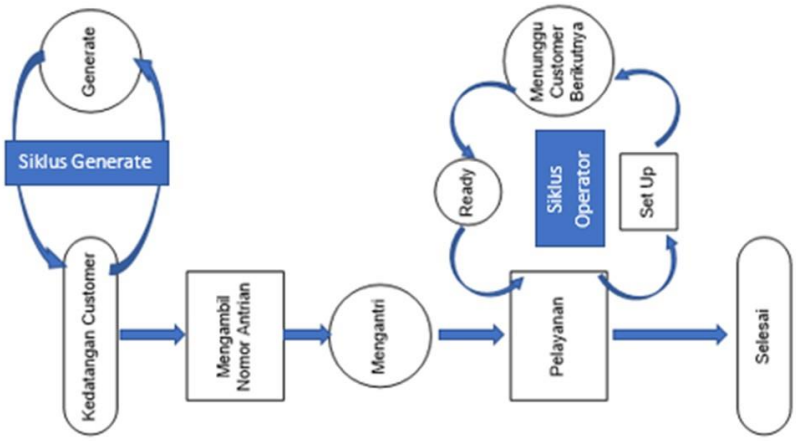
Tahap selanjutnya adalah pembuatan model dan simulasi antrian. Pada tahap ini dilakukan pembuatan model simulasi dan dilakukan analisis simulasi antrian pembayaran di bank. Kemudian upaya perbaikan pada sistem antrian diusulkan dengan memodelkan simulasi antrian baru.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Kondisi existing system

Pelayanan dilakukan oleh 3 orang *teller*. Nasabah yang baru datang akan diarahkan oleh petugas *security* untuk mengambil nomor antrian di mesin pengambilan nomor antrian. Setelah itu nasabah akan menunggu nomor antriannya dipanggil sambil mengisi formulir jika perlu. Kemudian teller yang *idle* akan memanggil nomor antrian tertentu dan nomor tersebut akan dilayani di *teller* tersebut. *Activity cycle diagram* ditunjukkan pada Gambar 1 untuk menggambarkan siklus aktivitas pada sistem antrian bank.

 e-ISSN: 2830-0408



Gambar 1. *Activity Cycle Diagram* Sistem Antrian Bank XYZ

4.2. Uji Distribusi Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu menentukan distribusi probabilitas data yang didapatkan setelah pengumpulan data dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan *Input Analyzer*. Distribusi data ini akan digunakan sebagai salah satu komponen saat pembuatan model simulasi. Dengan *Input Analyzer* ini akan diketahui jenis distribusi dari data dan akan diketahui pula Expression yang kemudian akan digunakan untuk input di *Software Arena*. Hasil uji distribusi ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Gambar 2 s.d. Gambar 5.

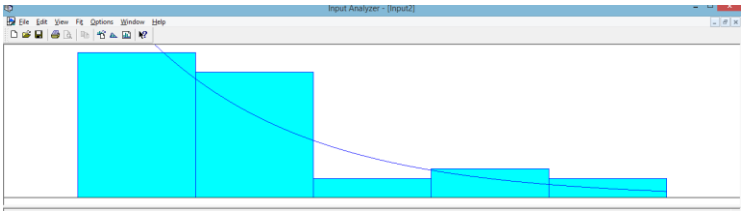
Tabel 1
Rekapitulasi Hasil Uji Distribusi menggunakan *Input Analyzer*

Parameter	**Kedatangan**	**Pelayanan Teller 1**	**Pelayanan Teller 2**	**Pelayanan Teller 3**
Distribution:	Exponential	Beta	Lognormal	Lognormal
Expression:	0.001 + EXPO(3.01)	1 + 15 * BETA(0.271, 0.491)	1 + LOGN(3.16, 4.1)	LOGN(6.52, 11.1)
Square Error:	0.028466	0.045363	0.030486	0.018431
Chi Square Test				
Number of intervals	3		2	
Degrees of freedom	1	0.394	-1	0.23
Test Statistic	2.87	> 0.15	1.07	> 0.15
Corresponding p-value	0.0926		< 0.005	
Kolmogorov-Smirnov Test				
Test Statistic	0.127		0.112	
Corresponding p-value	> 0.15		> 0.15	
	Data Summary	**Data Summary**	**Data Summary**	**Data Summary**
Number of Data Points	35	4	20	11
Min Data Value	0	1.17	1.35	0.33
Max Data Value	10.4	15.6	12.1	23.5

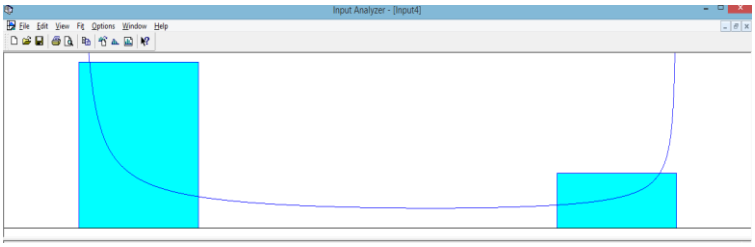
Konsorsium Seminar Nasional Waluyo Jatmiko
Vol. 16, No. 1, 2023, pp. 591~600

Parameter	**Kedatangan**	**Pelayanan Teller 1**	**Pelayanan Teller 2**	**Pelayanan Teller 3**
Sample Mean	3.01	5.08	4.17	5.76
Sample Std Dev	2.9	7.06	3.42	6.47
	Histogram Summary	**Histogram Summary**	**Histogram Summary**	**Histogram Summary**
Histogram Range	= -0.001 to 11	= 1 to 16	= 1 to 13	= 0 to 24
Number of Intervals	5	5	5	5

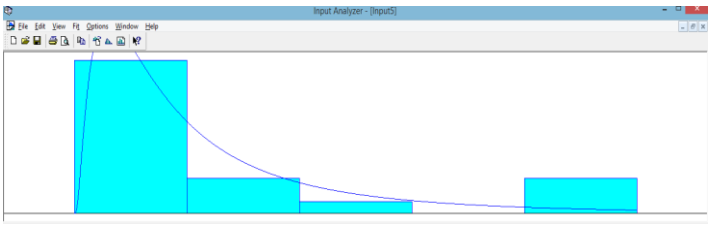
Sumber: Data Primer diolah, 2022



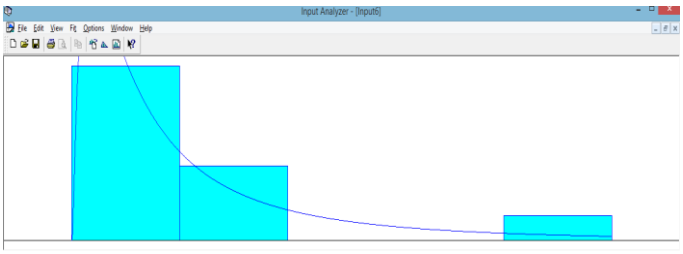
Gambar 2. Grafik Distribusi Data Waktu Kedatangan Nasabah menggunakan *Input Analyzer*



Gambar 3. Grafik Distribusi Data Waktu Pelayanan Teller 1 menggunakan *Input Analyzer*



Gambar 4. Grafik Distribusi Data Waktu Pelayanan Teller 2 menggunakan *Input Analyzer*

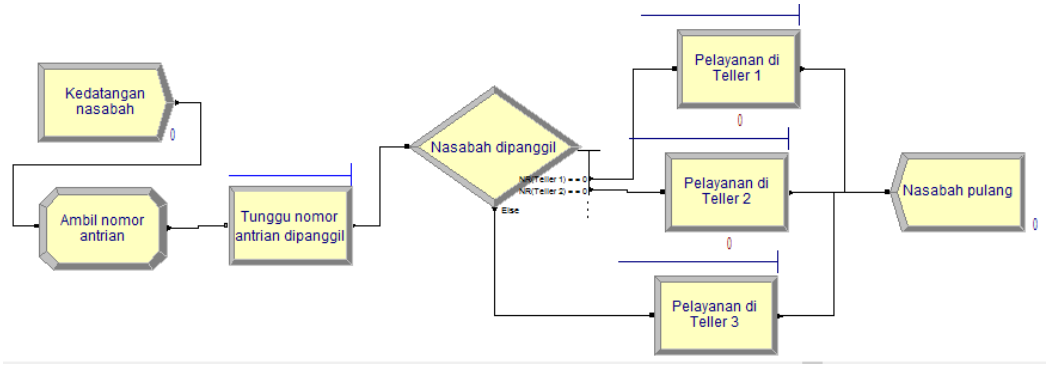


Gambar 5. Grafik Distribusi Data Waktu Pelayanan Teller 3 menggunakan *Input Analyzer*

 e-ISSN: 2830-0408

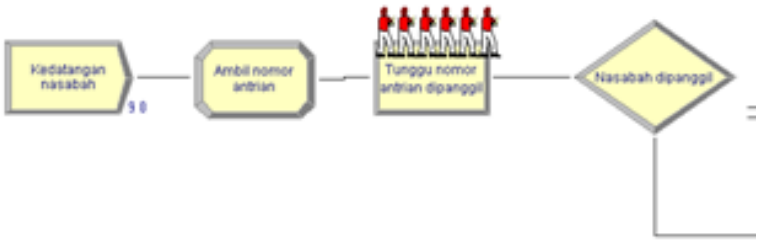
4.2. Model Simulasi Antrian Awal

Model simulasi awal merupakan model yang dibuat berdasarkan permodelan kondisi *current system* atau kondisi riil dari antrian yang ada di Bank XYZ. Pelayanan dilakukan oleh 3 orang teller. Nasabah yang baru datang akan diarahkan oleh petugas *security* untuk mengambil nomor antrian di mesin pengambilan nomor antrian. Setelah itu nasabah akan menunggu nomor antriannya dipanggil sambil mengisi formulir jika perlu. Kemudian teller yang idle akan memanggil nomor antrian tertentu dan nomor tersebut akan dilayani di teller tersebut. Model simulasi antrian awal ditunjukkan pada Gambar 6.

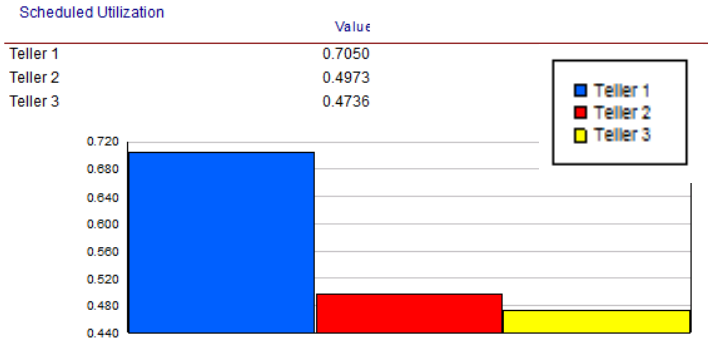


Gambar 6. Model Simulasi Antrian Awal

Waktu tunggu *(waiting time)* untuk proses menunggu nomor antrian dipanggil rata-rata selama 1,6308 menit dan maksimum 10,013 menit. Jumlah nasabah yang menunggu *(number waiting)* rata-rata adalah 0,4810 dan maksimum 7 orang. Selain itu, pada saat simulasi dijalankan, terlihat bahwa banyak entitas yang mengantri dan menumpuk pada modul tunggu nomor antrian dipanggil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Antrian yang menumpuk pada modul menunggu nomor antrian dipanggil



Gambar 8. Resource Report Model Simulasi Antrian Awal (Lanjutan)

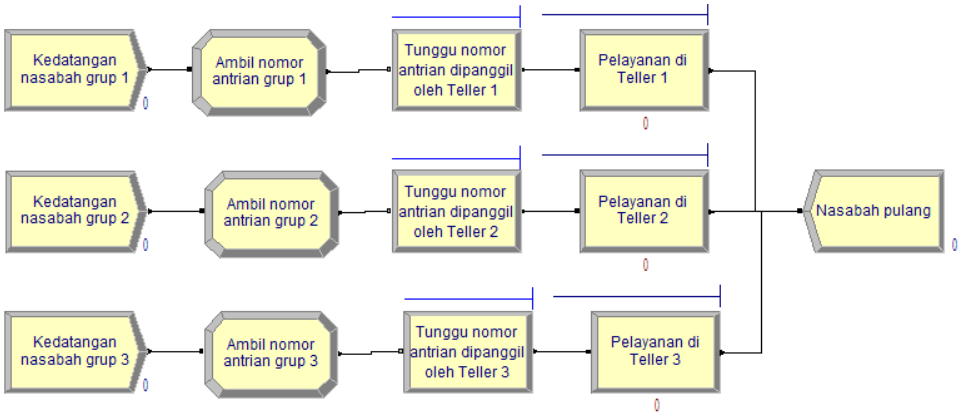
Konsorsium Seminar Nasional Waluyo Jatmiko
Vol. 16, No. 1, 2023, pp. 591~600

Berdasarkan Gambar 8, nilai rata-rata jumlah *resource* (teller) yang sibuk paling besar adalah pada teller 1, yaitu sebanyak 0,7050. Selain itu, utilitas pengunaan *resource* tertinggi juga berada pada teller 1 dengan nilai sebesar 0,7050 dan terendah pada teller 3 dengan nilai sebesar 0,4736.

4.3. Model Simulasi Antrian Usulan

Perbaikan yang dilakukan terhadap sistem antrian di Bank XYZ adalah dengan cara pengelompokkan antrian berdasarkan jenis pelayanan pada *customer* atau dapat juga diartikan berdasarkan jenis transakasi yang ingin dilakukan oleh *customer*. Jumlah loket tidak akan dikurangi, melainkan dibedakan berdasarkan jenis transaksinya, seperti berikut ini:

- Loket 1 khusus melayani transaksi menabung dan transfer, yang membutuhkan waktu maksimum 5 menit untuk melakukan transaksi.
- Loket 2 khusus melayani penarikan uang dan pemindahbukuan, yang membutuhkan waktu sekitar 5-10 menit untuk melakukan transaksi.
- Loket 3 khusus melayani pajak, yang membutuhkan waktu lebih dari 10 menit untuk melakukan transaksi.



Gambar 9. Model Simulasi Antrian Usulan

Berdasarkan Gambar 10, waktu tunggu (*waiting time*) untuk proses menunggu nomor antrian dipanggil tercepat berada pada loket 1 karena proses transaksi di loket ini tidak memerlukan waktu yang lama, hanya sekitar 1-5 menit. Sementara itu, waiting time terlama berada pada loket 2 karena diperlukan waktu yang lama untuk melakukan transaksi pada loket ini, yaitu sekitar lebih dari 10 menit. Jumlah nasabah yang menunggu (*number waiting*) terkecil berada pada loket 1 dan yang terbesar berada pada loket 2.

Berdasarkan Gambar 11, nilai rata-rata jumlah *resource* (teller) yang sibuk paling besar adalah pada teller 3, yaitu sebanyak 1. Selain itu, utilitas pengunaan *resource* tertinggi juga berada pada teller 3 dengan nilai sebesar 1 dan terendah pada teller 1 dengan nilai sebesar 0,1295.

 e-ISSN: 2830-0408

Replications: 1 Time Units: Minutes

Queue

Time

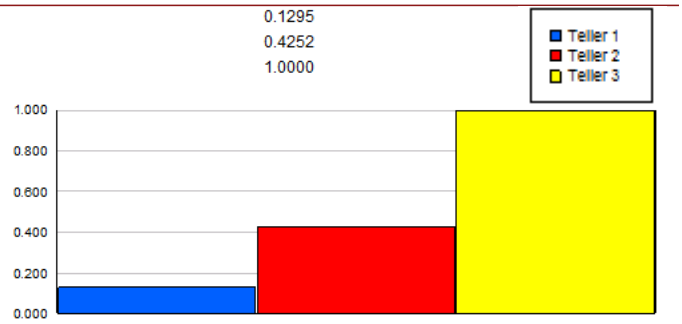
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Pelayanan di Teller 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Pelayanan di Teller 2.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Pelayanan di Teller 3.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Tunggu nomor antrian dipanggil oleh Teller 1.Queue	2.3020	(Insufficient)	0.00	10.0806
Tunggu nomor antrian dipanggil oleh Teller 2.Queue	82.1380	(Insufficient)	0.00	187.86
Tunggu nomor antrian dipanggil oleh Teller 3.Queue	232.44	(Insufficient)	0.00	447.76

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Pelayanan di Teller 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Pelayanan di Teller 2.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Pelayanan di Teller 3.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Tunggu nomor antrian dipanggil oleh Teller 1.Queue	0.1490	(Insufficient)	0.00	6.0000
Tunggu nomor antrian dipanggil oleh Teller 2.Queue	5.3175	(Insufficient)	0.00	28.0000
Tunggu nomor antrian dipanggil oleh Teller 3.Queue	15.0477	(Insufficient)	0.00	29.0000

Gambar 10. Queue Report Model Simulasi Antrian Usulan

Scheduled Utilization	Value
Teller 1	0.1295
Teller 2	0.4252
Teller 3	1.0000



Gambar 11. Resource Report Model Simulasi Antrian Usulan

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan simulasi antrian pada Bank XYZ, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Permasalahan yang ada pada sistem antrian Bank XYZ adalah penumpukan antrian di kursi tunggu dan lamanya waktu pelayanan teller sehingga kurang efisien bagi customer. *Software* Arena dapat digunakan untuk membuat simulasi antrian di Bank XYZ.
- Perbaikan yang dilakukan terhadap sistem antrian di Bank XYZ adalah dengan cara pengelompokkan antrian berdasarkan jenis pelayanan pada *customer* atau dapat juga diartikan berdasarkan jenis transakasi yang ingin dilakukan oleh *customer*. Jumlah loket tidak akan dikurangi, melainkan dibedakan berdasarkan jenis transaksinya.

Pustaka

[1] F. D. Hanggara and R. D. E. Putra, "Analisis Sistem Antrian Pelanggan SPBU Dengan Pendekatan Simulasi Arena," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 6, no. 2, pp. 155–162, 2020.

[2] J. Wiwoho, "Peran lembaga keuangan bank dan lembaga keuangan bukan bank dalam memberikan Distribusi keadilan bagi masyarakat," *Masal. Huk.*, vol. 43, no. 1, pp. 87–97, 2014.

[3] E. F. Aqidawati, W. Sutopo, and M. Hisjam, "The integration of production-distribution on newspapers supply chain for cost minimization using analytic models: Case study," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 319, no. 1, p. 12075.

[4] E. F. Aqidawati, W. Sutopo, and E. Pujiyanto, "Lesson learned in developing and implementing global business strategy to commercialize battery swap technology: A comparative study," in *Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, IEOM Society, Detroit, MI, USA*, 2020, pp. 10–14.

[5] I. Nugraha, N. Rahmawati, Y. A. Syamsiah, and A. M. Alfani, "Government Policy Analysis to Develop the Krian-Manyar-Gresik Toll in order to Reduce Traffic Jam using A Dynamic System Approach," *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 29–40, 2022.

[6] I. Nugraha, W. Sutopo, M. Hisjam, and N. Oktyajati, "The Dynamic Simulation Model of Local Soybean Competitiveness Policy to Support the Soybean Price Stabilization," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 943, no. 1, p. 12046.

[7] T. C. Xian, C. W. Hong, and N. N. Hawari, "Modeling and simulation of queuing system for customer service improvement: A case study," in *AIP Conference Proceedings*, 2016, vol. 1782, no. 1.

[8] A. Florescu and S. A. Barabas, "Modeling and simulation of a flexible manufacturing system—A basic component of industry 4.0," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 22, p. 8300, 2020.

[9] M. Roci *et al.*, "Towards circular manufacturing systems implementation: a complex adaptive systems perspective using modelling and simulation as a quantitative analysis tool," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 31, pp. 97–112, 2022.

[10] Z. Yang and W. Lu, "Facility layout design for modular construction manufacturing: a comparison based on simulation and optimization," *Autom. Constr.*, vol. 147, p. 104713, 2023.

[11] M. H. Alhaag, T. Aziz, and I. M. Alharkan, "A queuing model for health care pharmacy using software Arena," in *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, 2015, pp. 1–11.

[12] D. Dasanayaka, N. S. Dewage, P. S. R. Fernando, V. V. K. Senevirathne, and B. Balasooriya, "ANALYZING TICKETING PERFORMANCE OF THE KANDY RAILWAY STATION USING ARENA SIMULATION," *Int. J. Information, Bus. Manag.*, vol. 15, no. 3, pp. 34–42, 2023.

[13] S. Guo, H. Wang, and S. Wang, "Network Disruptions and Ripple Effects: Queueing Model, Simulation, and Data Analysis of Port Congestion," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 9, p. 1745, 2023.

[14] N. Amit, N. A. Ghazali, N. H. M. Razali, N. A. Idris, N. H. M. Zaki, and B. Latif, "Solving Queuing Problem at Fast Food Restaurant in Shah Alam Using Simulation," in *Fundamental and Applied Sciences in Asia: International Conference on Science Technology and Social Sciences (ICSTSS 2018)*, 2023, pp. 171–177.

[15] T. C. Entringer, "Simulation and analysis of queues in banks: a case study of an agency in the southern State of Rio de Janeiro," *Indep. J. Manag. Prod.*, vol. 11, no. 3, pp. 892–907, 2020.

[16] D. Manaye and A. Worku, "Analysis of ATM service performance by using ARENA simulation: the case of commercial bank of Ethiopia, Sabyan Branch," *Glob. J. Manag. Bus. Res.*, vol. 18, no. 3, pp. 21–27, 2018.

[17] I. D. Melinda, S. T. Marpaung, and E. Liquiddanu, "Analisis sistem antrian restoran cepat saji McDonald's dengan menggunakan simulasi Arena," in *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC. Surakarta, tanggal*, 2018, pp. 7–8.

[18] H. Tannady and E. Adianto, "Analisis studi gerakan dan simulasi antrian untuk peningkatan produktivitas pada pelayanan servis motor," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 2, 2014.

[19] H. Tannady, "Simulasi antrian: suatu tinjauan konsep pustaka," *JIEMS (Journal Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 6, no. 1, 2017.

[20] R. D. Kurniawan and A. Susanty, "Penentuan Jumlah Server Optimal Untuk Peningkatan Utilitas Server Dengan Menggunakan Simulasi Extend Di Restoran Cepat Saji McDonald's," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 6, no. 1, 2017.

[21] E. Indra, S. Aminatunnisa, D. M. S. Sembiring, Y. Gultom, and E. Matondang, "Penerapan Metode Monte Carlo Untuk Simulasi Sistem Antrian Service Sepeda Motor Berbasis Web," *J. Sist. Inf. dan Ilmu Komput. Prima (JUSIKOM PRIMA)*, vol. 2, no. 2, pp. 77–84, 2019.

[22] R. RESTIANA, "Pemodelan Dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Poliklinik Serta Usulan Perbaikan Dengan Menggunakan Flexsim (Studi Kasus: Puskesmas Gunung Samarinda, Balikpapan)," 2022.

[23] A. Amri, M. Muhammad, and T. S. Malasy, "Analisis Sistem Antrian pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dengan menggunakan simulasi Arena," *Ind. Eng. J.*, vol. 2, no. 2, 2013.