



Perancangan Sistem Antrian Protokol Kesehatan Memasuki Kampus untuk Mengoptimalkan Waktu Tunggu, Jumlah Antrian, dan Biaya Investasi Alat

Kristian Ismartaya^{1,2}, Roberts Purnomo², Ign. Luddy Purnama¹

¹⁾ Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jl. Babarsari 44, Yogyakarta 55281

Email: kristian.ismartaya@atmi.ac.id, luddy.indra@uajy.ac.id

²⁾ Jurusan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta
Jl. Mojo 1, Surakarta 57174

Email: roberts.pumomo@atmi.ac.id

Abstract

Politeknik ATMI Surakarta applies a health protocol to get into campus area, which consists of body temperature check and disinfectant spray. Existing health protocol supported by 1 automatic temperature checker and 4 automatic disinfectant spray booths. There is no evaluation has been carried out yet regarding to effectiveness and efficiency of facilities utility. There are queue problems, especially at critical time at morning shift from 07.00 WIB to 07.30 WIB and the system output has not been able to reach about 650 entities within 30 minutes. This system is a terminating simulation with 30 minutes of replication length. Simulation design is carried out to find the best system solution that achieves the entities number of output target, with evaluation based on queue waiting time, number of queues, cost factors, and percentage of facility utilities. The simulation system is made with ARENA software. Design solutions are compared and ranked. Selection of solutions based on the best design rating. The results showed that at the critical time 07.00 WIB - 07.30 WIB it was necessary to have 2 automatic temperature checking devices and 3 disinfectant chambers (Multi Channel - Multi Phase). This design produces an output of about 687 entities, a waiting time of 0.75 minutes, 8.46 entities of queue, and cost of Rp. 88,411.64. At regular times, 1 automatic temperature checker and 1 disinfectant chamber (Multi Channel - Single Phase) are needed. This design produces system output of about 262 entities, waiting time of 0.22 minutes, 2.01 entities of queues, and cost of Rp. 36,399.43.

Keywords: *queue, ARENA simulation, Terminating Simulation, Discrete Event Simulation, Rank and Selection.*

Abstrak

Politeknik ATMI Surakarta menerapkan protokol kesehatan untuk masuk ke area kampus, yang terdiri dari pemeriksaan suhu tubuh dan penyemprotan disinfektan. Protokol kesehatan saat ini didukung oleh 1 pemeriksa suhu otomatis dan 4 bilik semprot disinfektan otomatis. Belum ada evaluasi yang dilakukan mengenai efektivitas dan efisiensi utilitas fasilitas. Terdapat permasalahan antrian terutama pada waktu kritis pada shift pagi dari pukul 07.00 WIB sampai dengan 07.30 WIB dan keluaran sistem belum mampu mencapai sekitar 650 entitas dalam waktu 30 menit. Sistem ini termasuk dalam *terminating simulation*, dengan *replication length* 30 menit. Perancangan simulasi dilakukan untuk mencari solusi sistem terbaik yang mencapai target keluaran jumlah entitas, dengan evaluasi berdasarkan waktu tunggu antrian, jumlah antrian entitas, biaya, dan utilitas fasilitas. Sistem simulasi dibuat dengan *software* ARENA. Solusi rancangan diperbandingkan dan diberi peringkat, untuk kemudian dilakukan seleksi pemilihan rancangan terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada waktu kritis pukul 07.00 WIB - 07.30 WIB diperlukan 2 buah alat pengecek suhu otomatis dan 3 buah bilik disinfektan (*Multi Channel - Multi Phase*). Rancangan ini menghasilkan output sekitar 687 entitas, waktu tunggu 0,75 menit, jumlah antrian 8,46 entitas, dengan biaya Rp. 88.411,64. Pada waktu reguler diperlukan 1 buah alat pengecekan suhu otomatis dan 1 buah bilik disinfektan (*Multi Channel - Single Phase*). Rancangan ini menghasilkan output sistem sekitar 262 entitas, waktu tunggu 0,22 menit, jumlah antrian 2,01 entitas, dengan biaya Rp. 36.399,43.

Kata kunci: antrian, simulasi ARENA, *Terminating Simulation*, *Discrete Event Simulation*, *Rank and Selection*.

Pendahuluan

Sistem antrian dijumpai di kehidupan sehari-hari, antara lain: supermarket, bank, pintu jalan tol, bioskop, parkir, dan lainnya. Antrian merupakan situasi menunggu untuk menerima pelayanan dari fasilitas yang terbatas (Manalu & Palandeng, 2019). Antrian muncul akibat kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan (Supriyadi et al., 2018), sehingga pengguna fasilitas tidak memperoleh layanan dengan segera. Antrian juga disebabkan oleh ketidakseimbangan antara jumlah fasilitas pelayanan dengan jumlah kedatangan (Hoerunisa & Sukanta, 2021). Penambahan fasilitas pelayanan diberikan untuk mengurangi antrian (Hanggara & Putra, 2020) atau mencegah timbulnya antrian. Terjadinya antrian dipengaruhi oleh waktu antar kedatangan, waktu pelayanan dimulai dan berakhir, serta jumlah fasilitas yang ada.

Penerapan sistem protokol kesehatan saat memasuki area publik umum dilakukan paska masa pandemi. Tujuan penerapan sistem protokol kesehatan ialah untuk meminimalkan potensi penyebaran virus. Politeknik ATMI Surakarta menerapkan protokol kesehatan yang terdiri atas pengecekan suhu tubuh dan penyemprotan desinfektan pada tubuh. Permasalahan yang terjadi ialah kemunculan antrian panjang dalam penerapan protokol kesehatan untuk memasuki area kampus.

Observasi menunjukkan bahwa aktifitas protokol kesehatan tertinggi diidentifikasi terjadi pada dua waktu kritis berbeda setiap hari, yaitu pada saat masuk pagi hari (*shift 1*) dan saat masuk siang hari (*shift 2*). Aktifitas tertinggi pada saat masuk pagi hari mencapai sekitar 650 entitas memasuki area institusi pada waktu kritis pukul 07.00 WIB hingga pukul 07.30 WIB. Aktifitas pada saat masuk sore hari diidentifikasi pukul 14.00 WIB hingga pukul 14.30 WIB dengan jumlah sekitar 150 entitas. Di luar kedua waktu tersebut tidak terjadi aktifitas yang signifikan terhadap penerapan protokol kesehatan. Fasilitas alat protokol kesehatan yang dimiliki Politeknik ATMI Surakarta saat ini ialah 1 buah alat ukur suhu tubuh otomatis dan 4 buah bilik penyemprotan desinfektan. Ke-lima alat

tersebut beroperasi penuh mulai pukul 06.00 WIB hingga pukul 22.00 WIB.

Perlu dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap penggunaan fasilitas alat protokol kesehatan mengingat terdapat antrian di alat pendukung protokol kesehatan pada jam kritis serta penggunaan bilik penyemprotan desinfektan yang kurang efektif namun menyita biaya operasional. Sistem penerapan protokol kesehatan perlu dirancang kembali untuk memperoleh utilitas fasilitas yang optimal, waktu tunggu yang minimal, dan jumlah antrian yang minimal. Evaluasi sistem protokol kesehatan perlu dilakukan, sejalan dengan identifikasi kebutuhan sistem dengan pendekatan *influence diagram* yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Influence diagram

Evaluasi sistem dan perancangan sistem baru dilakukan dengan menggunakan pendekatan simulasi yang efektif digunakan untuk pemecahan model kompleks (Findari & Nugroho, 2019). Simulasi adalah tiruan dari proses atau sistem dunia nyata dari waktu ke waktu (Kaid et al., 2018). Penggunaan simulasi memungkinkan dilakukannya pengujian dan evaluasi perubahan dalam sistem yang ada tanpa menimbulkan gangguan, serta dapat mengidentifikasi dampak perubahan terhadap sistem yang ada (Gopal et al., 2020). Model simulasi dapat membangun dan menganalisis kinerja sistem secara *real-time* (Rasib et al., 2021). Simulasi bergantung pada teknologi komputer, statistik, dan riset operasional (Mitrovich et al., 2021). Simulasi disusun berdasarkan urutan proses pelaksanaan

protokol kesehatan, yang ditampilkan pada *activity cycle diagram* di Gambar 2.

Simulasi model dan evaluasi dilakukan menggunakan *software* ARENA yang umum digunakan untuk mempelajari perilaku sistem pada suatu lingkungan (Kaid et al., 2018). Beberapa solusi sistem diuji untuk mendapatkan alternatif solusi yang optimal (Rajuwar & Kalita, 2018).

Teori antrian menjadi tema yang cukup sering diteliti, antara lain oleh Findari & Nugroho, 2019; Hanggara & Putra, 2020; Hoerunisa & Sukanta, 2021; Manalu & Palandeng, 2019; Rajuwar & Kalita, 2018; Ramdani et al., 2021; dan Supriyadi et al., 2018. Pada umumnya, tujuan penelitian bertema antrian ialah untuk meminimalkan waktu tunggu antrian dan jumlah entitas dalam antrian (Findari & Nugroho, 2019; Hoerunisa & Sukanta, 2021; Palit et al., 2019; Rajuwar & Kalita, 2018; dan Ramdani et al., 2021). Beberapa tujuan lain penelitian bertema antrian diantaranya: 1) meningkatkan utilitas server atau layanan (Gopal et al., 2020; Hanggara & Putra, 2020; dan Mitrovic et al., 2021), 2) menurunkan *lead time* proses (Gopal et al., 2020 dan Kaid et al., 2018), 3) meminimalkan biaya operasional (Mitrovic et al., 2021), 4) meminimalkan jumlah *WIP* di dalam sistem (Gopal et al., 2020), serta 5) meningkatkan efisiensi aliran dalam sistem (Rasib et al., 2021).

Beberapa *software* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan antrian antara lain: ARENA *software simulation* (Gopal et al., 2020; Hanggara & Putra, 2020; Kaid et al., 2018; Mitrovic et al., 2021; Palit et al., 2019; Rajuwar & Kalita, 2018; dan Rasib et al., 2021), *software* Visio (Findari & Nugroho, 2019), *software* POM-QM (Hoerunisa & Sukanta, 2021), *software* Petri Nets (Kaid et al., 2018), dan *software* ProModel 7.5 (Ramdani et al., 2021). Penelitian ini dilakukan dengan *software* ARENA (*student version*).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menurunkan waktu tunggu antrian dan jumlah entitas yang mengantri, mengoptimalkan utilitas fasilitas protokol kesehatan, meminimalkan biaya investasi, serta

memenuhi tuntutan output sistem berupa jumlah entitas dalam kurun waktu yang ditentukan. Diharapkan hasil penelitian membantu penerapan protokol kesehatan di Politeknik ATMI Surakarta. Metode penelitian dan analisis ukuran kinerja yang diterapkan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penyelesaian permasalahan simulasi lain yang serupa.

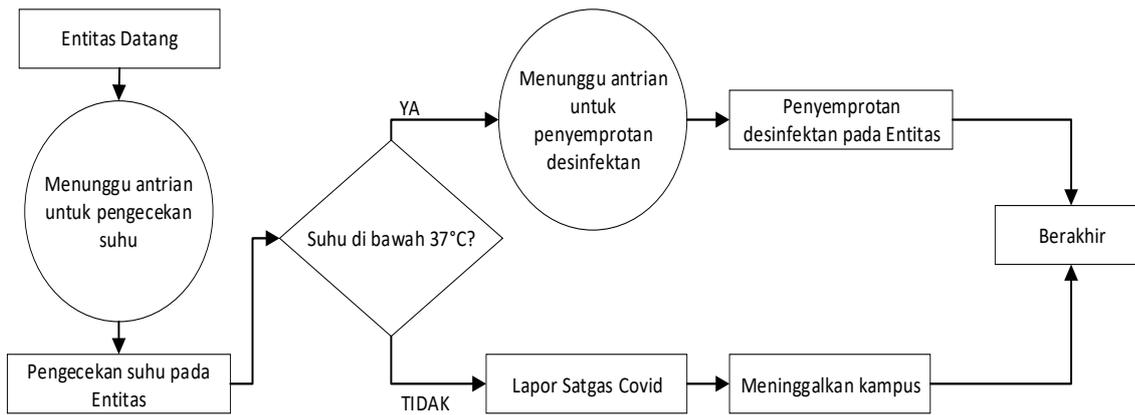
Kebaruan penelitian ialah terdapat tuntutan jumlah entitas yang harus diproses oleh sistem dalam kurun waktu yang telah ditentukan (*terminating simulation*), sebagai dasar utama penyusunan rancangan sistem serta perbandingan waktu tunggu antrian, jumlah entitas mengantri, serta utilitas alat sebagai pertimbangan pemilihan rancangan sistem terbaik. Variabel keputusan yang ingin diketahui ialah jumlah alat pengecekan suhu dan bilik desinfektan yang beroperasi untuk memenuhi kebutuhan dalam dimensi waktu.

Metodologi Penelitian

Landasan Teori

Komponen dasar proses antrian (Hoerunisa & Sukanta, 2021) antara lain:

- a. Kedatangan, antrian melibatkan kedatangan, pada sistem ini meliputi kedatangan dosen, mahasiswa, dan karyawan. Unsur ini dinamakan proses input, meliputi sumber kedatangan. Cara terjadinya kedatangan merupakan variabel acak (Ramdani et al., 2021), dapat berupa diskrit atau kontinu.
- b. Layanan, pelayanan atau mekanisme layanan dapat terdiri dari satu atau lebih fasilitas pelayanan. Setiap fasilitas pelayanan disebut sebagai saluran (*channel*). Layanan dalam sistem ini ialah pengecekan suhu tubuh dan penyemprotan desinfektan.
- c. Antrian, timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Jika tak ada antrian berarti terdapat pelayanan yang menganggur atau kelebihan fasilitas pelayanan yang menyebabkan utilitas rendah.



Gambar 2. Activity cycle diagram

Ada 4 model struktur antrian dasar (Hoerunisa & Sukanta, 2021) yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian:

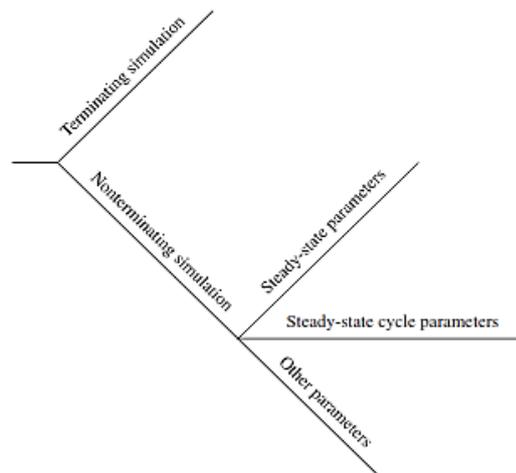
- a. *Single Channel–Single Phase*, sistem antrian hanya memiliki satu jalur untuk memasuki satu sistem pelayanan.
- b. *Single Channel–Multi Phase*, istilah ini menunjukkan bahwa terdapat satu sistem pelayanan yang dialiri oleh 2 jalur antrian atau lebih.
- c. *Multi Channel–Single Phase*, sistem berjalan dimana terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan berurutan yang dialiri oleh antrian tunggal.
- d. *Multi Channel–Multi Phase*, sistem terdiri atas beberapa jalur antrian yang berlaku pada beberapa sistem pelayanan yang berurutan.

Terminating simulation adalah simulasi dimana waktu mulai dan kondisi berhenti ditentukan sebagai refleksi alami dari operasi nyata sistem (Kelton et al., 2015; p.280). Simulasi akan berakhir sesuai dengan aturan atau kondisi yang ditentukan, sehingga tidak diperlukan adanya kondisi *steady-state*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (Law, 2014; p.494). Tujuan dari simulasi menentukan tipe simulasi terminasi atau non-terminasi (Law, 2014; p.496).

Data Penelitian

Alat pendukung penerapan protokol kesehatan yang digunakan terdiri atas 1 buah alat cek suhu badan dan 4 buah bilik penyemprot desinfektan. Setiap alat cek suhu badan dan bilik penyemprotan berkapasitas 1

entitas. Dalam penelitian, alat cek suhu dan bilik semprot diasumsikan dalam kondisi baik dan siap digunakan. Tipe antrian dalam sistem ini ialah *First In First Out (FIFO)*.



Gambar 3. Tipe simulasi berkaitan dengan analisis output

Data waktu kedatangan entitas, data waktu proses pengecekan suhu badan secara otomatis dan manual, serta data waktu penyemprotan desinfektan pada bilik telah didokumentasikan pada proses observasi dan pengambilan data. Data waktu diolah dengan *software Input Analyzer* ke dalam bentuk distribusi data dan ditampilkan pada Tabel 1.

Politeknik ATMI Surakarta mengajukan permintaan terkait perancangan simulasi sistem protokol kesehatan. Daftar permintaan merupakan syarat yang harus terpenuhi dalam penelitian ini. Daftar permintaan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Distribusi data

Kegiatan	Distribusi Data	Ekspresi
Kedatangan entitas	Beta	$-0.5 + 60 * \text{BETA}(1.03, 1.89)$
Pengecekan suhu badan otomatis	Beta	$3 + 5.58 * \text{BETA}(1.33, 1.38)$
Pengecekan suhu badan manual	Beta	$6 + 5 * \text{BETA}(0.54, 0.633)$
Penyemprotan desinfektan	Beta	$3.23 + 3.25 * \text{BETA}(1.69, 1.59)$

Tabel 2. Daftar permintaan

No.	Permintaan
1.	Sistem mampu dilalui oleh sekitar 650 entitas dalam waktu 30 menit, terutama antrian pagi hari.
2.	Data waktu pengoperasian alat protokol kesehatan yang optimal.

Metodologi Penelitian

Gambar 4 menampilkan aktivitas yang dilakukan dalam penelitian ini. Rancangan solusi sistem pada penelitian ini secara garis besar dibagi menjadi 2 bagian, yaitu: 1) rancangan solusi 1 dan 2 didesain sebagai pilihan solusi untuk permintaan sistem dapat dilalui sekitar 650 entitas dalam 30 menit, dan 2) rancangan 3 dan 4 sebagai pilihan solusi untuk sistem pada jam regular (sekitar 150 entitas dalam 30 menit). Dengan demikian, rancangan sistem pada penelitian ini merupakan *terminating simulation* karena terdapat batasan waktu layanan 30 menit dengan target entitas terlayani.

Penelitian ini menerapkan empat parameter dasar ukuran kinerja pada setiap rancangan simulasi, yaitu: 1) jumlah antrian, 2) waktu tunggu antrian, 3) biaya operasional, dan 4) pemenuhan target kapasitas dalam satuan waktu yang ditetapkan. Ukuran kinerja setiap sistem diperbandingkan dan diberi peringkat untuk mengidentifikasi rancangan desain terbaik.

Rancangan simulasi dibentuk dengan melakukan pengembangan dan perbaikan dari simulasi sistem pada kondisi awal (*existing system*). Pengembangan dan perbaikan dilakukan dengan mempertimbangkan data utilitas alat, jumlah antrian, dan waktu tunggu antrian pada sistem awal. Setelah merancang sistem, replikasi awal ditentukan secara *random* pada *terminating simulation* (Law, 2014; p.497). Jumlah replikasi awal yang ditetapkan pada setiap simulasi adalah 20 replikasi. Berdasarkan pada data replikasi ke-20, selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah

replikasi (perkiraan ukuran sampel) yang diperlukan untuk mencapai *confidence interval* dengan nilai *half-width* yang telah ditentukan sebelumnya. Rumus menentukan jumlah replikasi berdasarkan nilai *half-width* yang diketahui (Kelton et al., 2015; p.284) ialah:

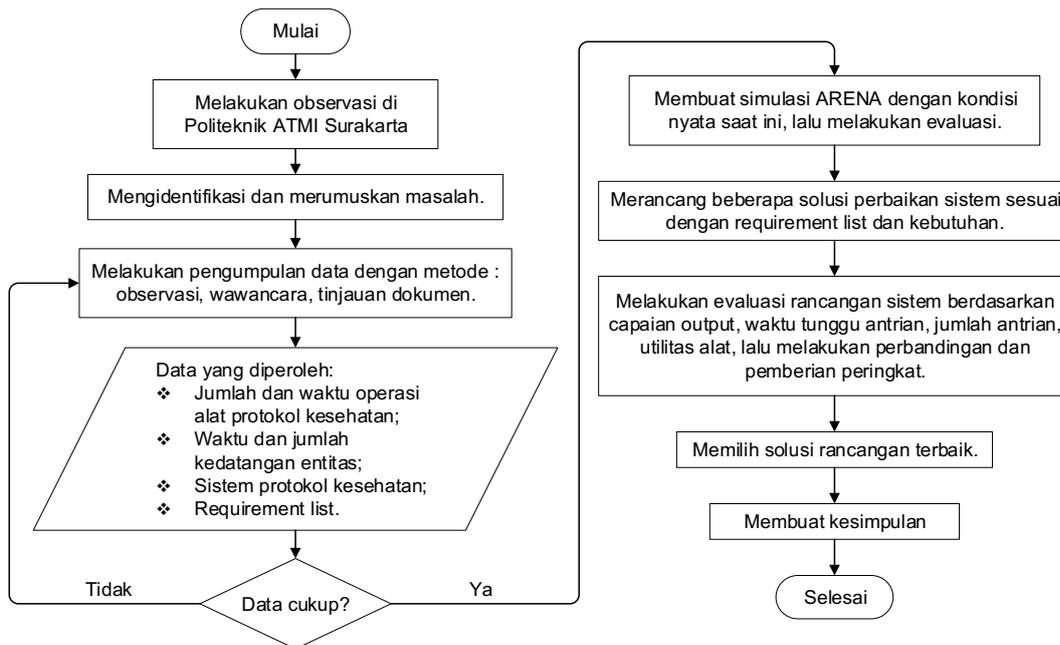
$$n \cong n_0 \times \left(\frac{h_0^2}{h^2} \right) \quad \text{Pers. 1}$$

Dimana n_0 adalah jumlah replikasi awal, h_0 adalah nilai *half-width* pada replikasi awal, h merujuk pada nilai *half-width* yang hendak dicapai, dan n mengacu kepada jumlah replikasi yang diprediksi memiliki nilai *half-width* sesuai target ditetapkan (dengan pembulatan ke atas).

Tabel 3. Ketetapan nilai *half-width*

Parameter	Nilai <i>half-width</i> yang diinginkan
Jumlah antrian	2,00 entitas
Waktu tunggu antrian	0,25 menit

Penelitian menerapkan batasan nilai *half-width* dari output sebagai referensi untuk memprediksi jumlah replikasi yang diperlukan oleh setiap sistem. Nilai *half-width* yang ditetapkan untuk sistem ditampilkan pada Tabel 3. Nilai *half-width* jumlah antrian dan waktu tunggu ditetapkan agar menghasilkan data simulasi yang akurat untuk proses pemberian peringkat seleksi rancangan solusi terbaik. Mengacu pada *requirement list* yang menuntut target pelayanan entitas dalam 30 menit, maka *replication length* pada simulasi ini ditetapkan 30 menit.



Gambar 4. Metodologi penelitian

Hasil dan Pembahasan

Simulasi Sistem Awal

Sistem yang berjalan saat ini ditampilkan pada rancangan simulasi Gambar 5. *Entity per arrival* (*arrival* dalam *batch*) maksimum yang dapat diterapkan pada simulasi ini hanya 5. Apabila *arrival* dalam *batch* diinput dengan nilai lebih dari 5, maka Arena akan mengalami *error* yang disebabkan jumlah antrian berlebih (lebih dari 150 entitas) pada sistem dan simulasi akan berhenti otomatis. *Arrival* dalam *batch* bersifat *random*, namun dalam penelitian ini diatur dengan nilai tertinggi agar sistem menghasilkan nilai output yang menunjukkan kapasitas maksimal dari sistem.

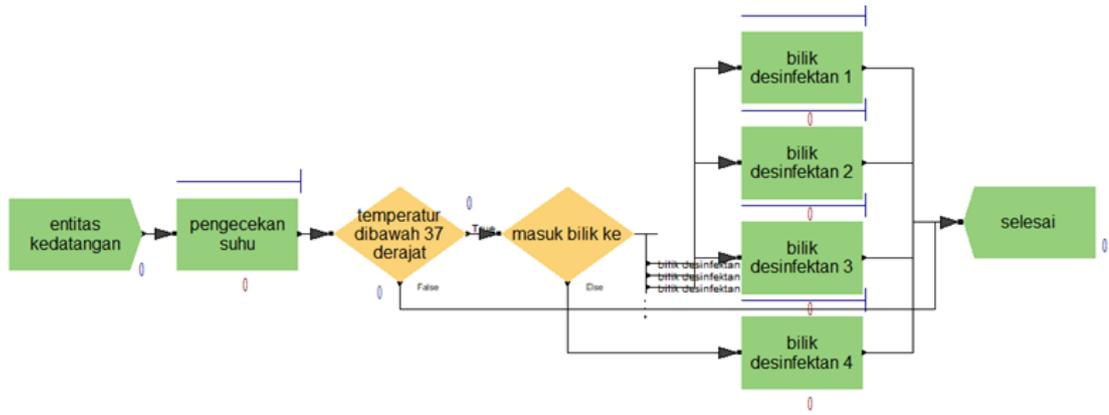
Simulasi sistem awal (a) dengan *Entity per arrival* 5 memerlukan sejumlah 33 replikasi, sesuai dengan perhitungan Persamaan 1. Jumlah replikasi ini untuk mencapai *half-width* yang ditetapkan untuk hasil jumlah antrian simulasi. Tabel 4 menampilkan data hasil simulasi sistem awal (a).

Hasil output entitas pada sistem awal (a) ialah sekitar 422 entitas, sehingga output tidak mencapai target 650 entitas. Waktu tunggu hanya terdapat pada proses pengecekan suhu, dengan rata-rata waktu 0,71 menit, tidak terdapat waktu tunggu pada proses berikutnya. Jumlah antrian pada proses pengecekan suhu rata-rata sejumlah 10,56 entitas, dan tidak ada antrian entitas pada proses berikutnya. Utilitas

alat pengecek suhu badan mencapai 89,75%, dan antrian hanya terdapat pada proses pengecekan suhu badan. *Bottle neck* terjadi pada proses pengecekan suhu tubuh. Utilitas bilik penyemprot desinfektan 3 dan 4 mendekati 0%. Dengan demikian bilik desinfektan tidak beroperasi optimal. Hal ini mendukung fakta bahwa sistem yang ada saat ini tidak mampu memenuhi kebutuhan entitas yang ada, dan harus dievaluasi serta dilakukan perbaikan. Sistem ini memiliki *lead time* 0,15 menit.

Simulasi sistem awal (b) menggunakan *Entity per arrival* 3 mengingat target entitas yang melalui sistem ini adalah sekitar 150 entitas. Simulasi sistem ini memerlukan sejumlah 20 replikasi, untuk mencapai *half-width* yang ditetapkan. Tabel 5 menampilkan data hasil simulasi sistem.

Utilitas alat pengecek suhu badan mencapai 56,49%, dan antrian hanya terdapat pada proses pengecekan suhu badan. Tidak terdapat *bottle neck* pada proses pengecekan suhu tubuh dibuktikan dengan waktu antrian dan jumlah antrian yang kecil. Utilitas bilik penyemprot desinfektan 1 dan 2 ialah 42,8% dan 22,4%, sedangkan utilitas bilik desinfektan 3 dan 4 mendekati 0%. Disimpulkan bahwa keseluruhan bilik desinfektan tidak beroperasi secara optimal. Sistem ini memiliki *lead time* 0,15 menit.



Gambar 5. Simulasi ARENA untuk sistem awal yang telah diterapkan

Tabel 4. Hasil simulasi dan *half-width* pada sistem awal (a) dengan *Entity per arrival* maksimal (5)

Replikasi	Waktu tunggu (menit)		Jumlah antrian (entitas)		Output
	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	
20	0,70	0	10,47	0	419,25
<i>half-width</i>	0,14	0	2,54	0	10,67
33	0,713	0	10,56	0	421,27
<i>half-width</i>	0,11	0	1,83	0	8,19

Tabel 5. Hasil simulasi dan *half-width* pada sistem awal (b) dengan *Entity per arrival* 3

Replikasi	Waktu tunggu (menit)		Jumlah antrian (entitas)		Output
	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	
20	0,12	0	1,14	0	262,75
<i>half-width</i>	0,01	0	0,12	0	8,09

Rancangan 1 Simulasi Perbaikan Sistem

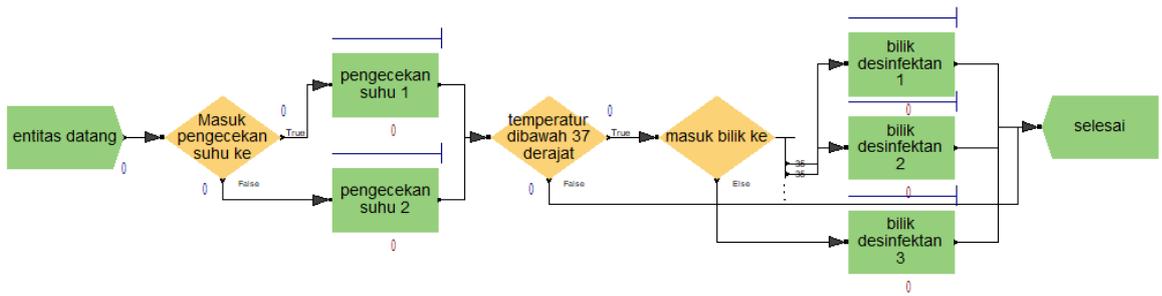
Rancangan 1 dilakukan dengan melakukan penambahan jumlah alat pengecek suhu tubuh. Hal ini dilakukan untuk mengatasi *bottle neck* pada proses pengecekan suhu sehingga kepadatan antrian berkurang. Pada tahap ini dilakukan pula pengurangan jumlah bilik penyemprot desinfektan menjadi 3 buah bilik, mengingat pada sistem awal terdapat utilisasi yang tidak optimal. Rancangan 1 ditampilkan pada Gambar 6.

Entity per arrival (*arrival* dalam *batch*) pada simulasi ini dapat ditingkatkan menjadi 8. Angka 8 dipilih karena menghasilkan jumlah entitas *out* paling mendekati dan telah melampaui target 650 entitas.

Simulasi sistem rancangan 1 telah memenuhi standar *half-width* yang ditetapkan pada replikasi ke 20. Tabel 6 menampilkan data hasil simulasi rancangan 1.

Hasil output sistem mencapai sekitar 687 entitas. Peningkatan output merupakan dampak dari penambahan kapasitas pengecekan suhu tubuh. Dengan demikian, *requirement list* terkait target 650 entitas melewati sistem telah tercapai.

Pada rancangan 1 terjadi penurunan waktu tunggu dan jumlah entitas mengantri pada proses pengecekan suhu. Utilitas pengecekan suhu tubuh terjaga pada 75,86% dan 75,96%, sedangkan untuk bilik penyemprot mengalami kenaikan utilitas yang signifikan hingga mencapai terjaga pada 66%. Dengan demikian distribusi antrian merata dan tidak terjadi penumpukan antrian pada proses pengecekan suhu tubuh ataupun bilik penyemprot desinfektan. Sistem ini secara keseluruhan memiliki *lead time* 0,15 menit.



Gambar 6. Simulasi rancangan 1 perbaikan sistem

Tabel 6. Hasil simulasi dan *half-width* pada rancangan sistem 1

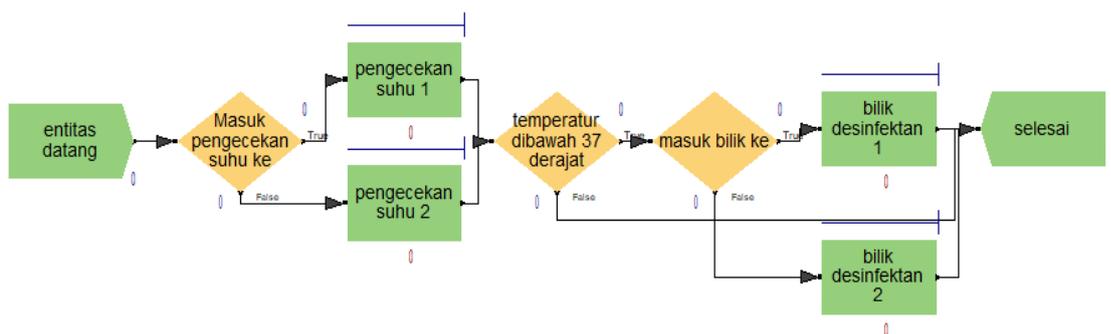
Replikasi	Waktu tunggu (menit)		Jumlah antrian (entitas)		Output
	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	
20	0,57	0,18	6,85	1,61	687,70
<i>half-width</i>	0,05	0,01	0,64	0,11	24,95

Rancangan 2 Simulasi Perbaikan Sistem

Rancangan perbaikan ke-2 dilakukan dengan mengurangi jumlah bilik penyemprot desinfektan menjadi 2 buah dengan tujuan meningkatkan utilitas bilik penyemprot dan menekan biaya operasional. Selanjutnya dilakukan evaluasi pengaruhnya pada sistem. Rancangan 2 merupakan tipe *Multi Channel-Multi Phase*, ditampilkan pada Gambar 7. *Entity per arrival (arrival dalam batch)* pada rancangan simulasi ini tetap 8 sehingga output sistem dapat diperbandingkan dengan rancangan 1.

Simulasi sistem rancangan 2 memerlukan sejumlah 50 replikasi untuk memperoleh jumlah *half-width* jumlah antrian pada bilik desinfektan yang telah ditetapkan. Hasil ini sesuai dengan perhitungan dengan Persamaan 1. Tabel 7 menampilkan data hasil simulasi rancangan 2.

Rancangan 2 sistem menghasilkan output mencapai sekitar 669 entitas (memenuhi target yang ditetapkan). Utilitas bilik desinfektan meningkat menjadi 89,9% dan 89,63% seiring dengan pengurangan 1 buah bilik desinfektan, namun terdapat peningkatan waktu tunggu antrian.



Gambar 7. Simulasi rancangan 2 perbaikan sistem

Tabel 7. Hasil simulasi dan *half-width* pada rancangan sistem 2

Replikasi	Waktu tunggu (menit)		Jumlah antrian (entitas)		Output
	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	
20	0,60	1,09	7,15	12,92	660,4
<i>half-width</i>	0,061	0,236	0,961	3,151	18,97
50	0,67	1,35	8,14	16,53	669,74
<i>half-width</i>	0,03	0,13	0,48	1,84	12

Utilitas alat pengukur suhu badan sedikit menurun sekitar 2% namun waktu tunggu dan jumlah antrian sedikit mengalami penurunan pula. Rancangan sistem ini memiliki *lead time* 0,14 menit (lebih rendah 0,01 menit dibanding rancangan solusi lain).

Rancangan 3 Simulasi Perbaikan Sistem

Rancangan perbaikan ke 3 disusun untuk memenuhi target output sekitar 150 entitas (untuk jadwal *shift* sore) dan waktu lain diluar pukul 07.00 WIB hingga pukul 07.30 WIB. Rancangan menggunakan 1 buah alat pengukur suhu otomatis dan 1 buah bilik penyemprotan desinfektan dengan tujuan meminimalkan operasional alat dan mengevaluasi output yang dapat dicapai dengan jumlah alat yang minimal. *Entity per arrival* yang digunakan pada rancangan simulasi ialah 3. Penurunan nilai *entity per arrival* disesuaikan dengan target output sistem yang lebih rendah dibanding sistem yang digunakan saat ini.

Nilai 3 dipilih karena mampu memberikan output sistem melampaui target 150 entitas namun juga memiliki nilai yang terdekat dengan target tersebut.

Simulasi sistem rancangan 3 telah memenuhi standar *half-width* yang ditetapkan pada replikasi ke 20. Tabel 8 menampilkan data hasil simulasi rancangan 1. Rancangan 3 merupakan *Multi Channel-Single Phase*, ditampilkan pada Gambar 8.

Output rancangan sistem ini mencapai sekitar 260 entitas dalam waktu 30 menit. Rancangan ini memenuhi target output sekitar 150 entitas dalam 30 menit. Waktu antrian pada rancangan ini merupakan yang terendah dibanding solusi lain, yaitu 0,12 menit pada

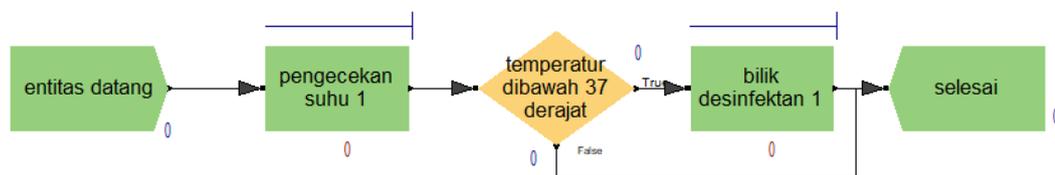
pengecekan suhu tubuh dan 0,09 menit pada bilik penyemprot desinfektan. Hal ini sejalan dengan sedikitnya jumlah rata-rata antrian pada setiap proses, yaitu sekitar 1 entitas. Utilitas alat pengecekan suhu tubuh ialah 55,97% dan utilitas bilik penyemprot 70,25%. Rancangan 3 memiliki *lead time* 0,15 menit.

Rancangan 4 Simulasi Perbaikan Sistem

Berdasarkan rancangan 3, rancangan solusi perbaikan 4 disusun dengan tujuan mengoptimalkan utilitas alat pengecekan suhu tubuh dan menekan biaya operasional alat. Rancangan sistem ini mengganti alat pengecek suhu otomatis dengan alat pengecek suhu tubuh secara manual. Diharapkan perubahan alat pengecek suhu tubuh dapat meningkatkan utilitas serta meminimalkan biaya. *Entity per arrival* pada rancangan simulasi tetap 3, dengan target output sistem sekitar 150 entitas dalam 30 menit.

Perhitungan dengan Persamaan 1 menghasilkan data simulasi sistem rancangan 4 memerlukan pengulangan hingga replikasi ke 119. Tabel 9 menampilkan data hasil simulasi rancangan 4. Rancangan 4 merupakan *Multi Channel-Single Phase*, ditampilkan pada Gambar 9.

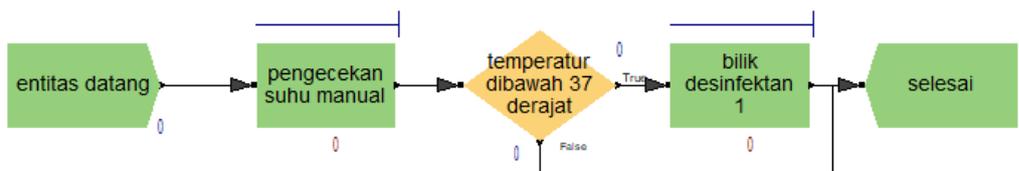
Perbaikan sistem dengan penambahan jumlah alat pengukur suhu tubuh manual untuk mengatasi *bottle neck* menjadi tidak relevan mengingat *lead time* yang meningkat hingga 0,22 menit dan muncul biaya investasi pengadaan alat ukur suhu tubuh manual serta biaya operasionalnya. Dengan demikian, variasi rancangan solusi pembanding untuk sistem pelaksanaan protokol kesehatan dinyatakan cukup.



Gambar 8. Simulasi rancangan 3 perbaikan sistem

Tabel 8. Hasil simulasi dan *half-width* pada rancangan sistem 3

Replikasi	Waktu tunggu (menit)		Jumlah antrian (entitas)		Output
	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	
20	0,12	0,09	1,12	0,82	260,75
<i>half-width</i>	0,01	0,02	0,10	0,16	7,69



Gambar 9. Simulasi rancangan 4 perbaikan sistem

Tabel 9. Hasil simulasi dan *half-width* pada rancangan sistem 4

Replikasi	Waktu tunggu (menit)		Jumlah antrian (entitas)		Output
	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	Pengecekan suhu	Penyemprotan desinfektan	
20	2,96	0	27,08	0	213,85
<i>half-width</i>	0,60	0	6,31	0	1,28
119	3,04	0	27,54	0	213,17
<i>half-width</i>	0,19	0	1,93	0	0,75

Komparasi biaya pengadaan alat-bahan

Perhitungan biaya dalam penelitian ini menggunakan perhitungan biaya yang terdiri atas biaya investasi alat, biaya pengadaan bahan, dan perkiraan umur pakai alat, dengan mengabaikan biaya *overhead* lain. Tabel 10 menampilkan perhitungan biaya pengadaan setiap alat dalam satuan waktu.

Tabel 10. Biaya operasional alat

Alat	Harga (Rp)	Masa Pakai	Harga/Jam (Rp/jam)
Pengecekan suhu			
Termometer dinding (otomatis)	285.000	1 tahun	68,25
Termometer <i>gun</i> (manual)	79.000	6 bulan	18,92
Penyemprotan desinfektan			
Bilik desinfektan	3.550.000	2 tahun	425,05
Desinfektan (5 liter/hari/bilik)	29.000	1 hari	1812,50

Biaya pengadaan untuk setiap rancangan sistem ditampilkan pada Tabel 11. Biaya pengadaan disesuaikan dengan jumlah alat dan jenis alat yang digunakan di dalam sistem.

Analisis dan Evaluasi Sistem

Evaluasi rancangan sistem dilakukan dengan membandingkan waktu tunggu antrian, jumlah entitas yang mengantri, output hasil sistem, dan perbandingan utilitas penggunaan. Kriteria penilaian untuk setiap ukuran kinerja ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 11. Biaya setiap sistem

Rancangan	Jumlah Alat		Biaya (Rp)
	Cek Suhu	Bilik Desinfektan	
sistem awal	1	4	144.295,02
solusi 1	2	3	88.411,64
solusi 2	2	2	58.986,59
solusi 3	1	1	36.399,43
solusi 4	1	1	35.659,48

Tabel 12. Kriteria penilaian ukuran kinerja

Kriteria Penilaian	Ukuran	Objektif	Syarat
Output Entitas	entitas	Maksimal	Melampaui tuntutan target entitas, output semakin banyak semakin baik.
Rerata waktu antrian	menit	Minimal	Waktu tunggu antrian semakin pendek semakin baik.
Rerata jumlah antrian	entitas	Minimal	Jumlah entitas mengantri semakin sedikit semakin baik.
Total Biaya	Rupiah	Minimal	Biaya investasi semakin sedikit semakin baik.
Utilitas	%	Target	Utilitas terdistribusi merata ke seluruh server.

Waktu tunggu antrian dan jumlah antrian menunjukkan efisiensi sistem yang dirancang. Waktu tunggu antrian yang terpendek dan jumlah antrian yang terkecil pada sistem menjadi prioritas dalam pemilihan sistem terbaik. Output hasil sistem menunjukkan kapasitas sistem. Hasil output yang melampaui target menjadi prioritas dalam pemilihan sistem terbaik. Utilitas penggunaan alat menunjukkan efektifitas penggunaan sumber daya dalam sistem yang dirancang. Utilitas yang terlalu rendah menunjukkan penggunaan alat yang tidak optimal, sedangkan utilitas terlalu tinggi menunjukkan beban kerja terlalu tinggi dan resiko terjadinya *bottle neck*.

Kriteria ukuran kinerja pada penelitian ini memiliki bobot yang sama atau seimbang. Tabel 13 menampilkan perbandingan ukuran kinerja setiap sistem berdasarkan parameter output, rata-rata waktu tunggu antrian, rata-rata entitas dalam antrian, dan total biaya sistem. Tabel 14 menampilkan perbandingan utilitas alat untuk setiap rancangan simulasi. Pemenuhan *requirement list* juga menjadi dasar pemilihan solusi rancangan terbaik.

Setiap rancangan dievaluasi dan diberi peringkat berdasarkan hasil penilaian ukuran kinerjanya. Rancangan dengan peringkat terbaik dipilih sebagai solusi yang direkomendasikan.

Perbandingan antara rancangan sistem awal (a) dengan rancangan 1 dan rancangan 2 menghasilkan kesimpulan bahwa rancangan 1 merupakan rancangan sistem terbaik yang dapat mencapai output sekitar 687 (kapasitas terbesar dan melampaui target output 650 entitas), rerata waktu antrian dan rerata jumlah antrian entitas paling sedikit, dan biaya pengadaan menengah. Utilitas alat pada solusi rancangan 1 secara keseluruhan berada pada *range* 66%-75%. Persentase utilitas ini ideal karena alat bekerja dengan resiko antrian minimum dan distribusi utilitas yang merata. Rancangan 1 mampu mereduksi biaya hingga 61,27% dari total biaya pada sistem awal (a) yang ada saat ini. Rancangan sistem awal (a) gugur dalam proses pemberian peringkat dan seleksi karena tidak dapat memenuhi target capaian 650 entitas.

Tabel 13. Perbandingan dan pemberian peringkat ukuran kinerja setiap rancangan

Rancangan	Output (entitas)	R		Rerata waktu antrian (menit)	R		Rerata antrian (entitas)	R		Total biaya (Rp)	R	
Waktu operasional 07.00 WIB - 07.30 WIB												
Sistem awal (a)	421,27	-		0,78	-		10,56	-		144.295,02	-	
Solusi 1	687,70	1		0,75	1		8,46	1		88.411,64	2	
Solusi 2	669,74	2		2,02	2		24,67	2		58.986,59	1	
Waktu operasional 06.00 WIB - 07.00 WIB dan 07.30 WIB - 22.00 WIB												
Sistem awal (b)	262,75	2		0,12	1		1,14	1		144.295,02	3	
Solusi 3	262,81	1		0,22	2		2,01	2		36.399,43	2	
Solusi 4	213,12	3		3,02	3		27,36	3		35.659,48	1	

*R : *Ranking*

Tabel 14. Perbandingan utilitas penggunaan alat (%) pada setiap rancangan

Rancangan	Utilitas Alat Pengecekan Suhu (%)		Utilitas Bilik Penyemprot Desinfektan (%)				Selisih Max & Min (%)	Ranking Distribusi Utilitas
	1	2	1	2	3	4		
Waktu operasional 07.00 WIB - 07.30 WIB								
Sistem awal (a)	89,75	-	62,32	50,56	0,07	0	-	-
Solusi 1	75,86	75,96	66,85	66,68	66,82	-	9,28	1
Solusi 2	73,88	74,22	89,9	89,63	-	-	16,02	2
Waktu operasional 06.00 WIB - 07.00 WIB dan 07.30 WIB - 22.00 WIB								
Sistem awal (b)	56,49	-	42,8	28,22	0	0	56,49	3
Solusi 3	55,97	-	70,25	-	-	-	14,28	1
Solusi 4	99,05	-	57,79	-	-	-	41,26	2

Perbandingan antara rancangan sistem awal (b) dengan rancangan 3 dan rancangan 4 menghasilkan kesimpulan bahwa rancangan 3 merupakan rancangan sistem yang terbaik. Rancangan 3 memenuhi target output 150 entitas. Meskipun rerata antrian dan rerata waktu tunggu antrian berada di urutan kedua setelah sistem awal (b), namun selisih nilainya tidak terpaut jauh. Rancangan 3 unggul dari segi biaya dibandingkan sistem awal. Prosentase utilitas pada rancangan 3 berada pada *range* 55%-70%, unggul dibandingkan sistem awal (b) yang memiliki 4 alat dengan utilitas kurang dari 50% bahkan hingga utilitas 0%. Utilitas rancangan 3 unggul dibandingkan rancangan 4 yang mengalami *over load*, teridentifikasi pada pengecekan suhu dengan utilitas lebih dari 99%. Dalam hal biaya rancangan 3 memiliki selisih sedikit dengan rancangan 4 yang memiliki biaya paling minimal.

Kesimpulan

Berdasarkan evaluasi rancangan sistem yang dilakukan dengan membandingkan pemenuhan target output sistem, waktu tunggu antrian, jumlah antrian entitas, dan utilitas fasilitas, disimpulkan jumlah alat pengecekan suhu dan jumlah bilik penyemprot desinfektan yang direkomendasikan sebagai berikut.

1. Waktu kritis pukul 07.00 WIB hingga pukul 07.30 WIB direkomendasikan menerapkan **rancangan sistem 1** yang terdiri atas 2 alat ukur suhu tubuh otomatis dan 3 bilik penyemprotan desinfektan. Dengan *lead time* 0,15 menit dan utilitas alat di rentang 55%-75%, mampu menghasilkan rata-rata output sistem sekitar 687 entitas dalam durasi 30 menit (memenuhi tuntutan 650 entitas).
2. Waktu non kritis (pukul 06.00 WIB hingga pukul 07.00 WIB dan pukul 07.30 WIB hingga pukul 22.00 WIB) direkomendasikan menerapkan **rancangan sistem 3**, yang terdiri atas 1 alat ukur suhu tubuh otomatis dan 1 bilik penyemprotan desinfektan. Dengan *lead time* 0,15 menit, mampu menghasilkan rata-rata output sistem sekitar 262 entitas dalam durasi waktu 30 menit (memenuhi tuntutan 150 entitas).

Penerapan rancangan 1 dan 3 mengurangi 1 buah bilik penyemprot desinfektan, namun

menambah 1 buah alat pengecek suhu tubuh otomatis.

Ucapan Terima Kasih

Penulis dengan tulus berterima kasih kepada Bapak Ign. Luddy Indra Purnama, M.Sc. dan Bapak Dr.Eng. The Jin Ai, S.T., M.T., atas dukungan moral dan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada Politeknik ATMI Surakarta atas kesediaan dan dukungan dalam proses pengambilan data penelitian.

Daftar Pustaka

- Findari, W.S., & Nugroho, Y.A. (2019). Optimasi Sistem Antrian pada Layanan Kesehatan Masyarakat Menggunakan Pendekatan Simulasi. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*. 3(1), 14-22. [10.30988/jmil.v3i1.41](https://doi.org/10.30988/jmil.v3i1.41).
- Gopal, M., Oljira, D.G., Abeya, T.G., & Ofgera, G. (2020). Manufacturing System Modeling and Performance Analysis of Mineral Water Production Line using ARENA Simulation. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 9(5), 312-317. [10.35940/ijeat.D8033.069520](https://doi.org/10.35940/ijeat.D8033.069520)
- Hanggara, D.F., & Putra, R.D.E. (2020). Analisis Sistem Antrian Pelanggan SPBU Dengan Pendekatan Simulasi Arena. *Jurnal Intech*. 6(2), 155-162. [10.30656/intech.v6i2.2543](https://doi.org/10.30656/intech.v6i2.2543)
- Hoerunisa, I., & Sukanta. (2021). Penerapan Model Antrian Multi Channel-Single Phase pada SPBU Sempu Jurong Cikarang Utara. *Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri*. 8(1), 11-17. [10.33592/unistek.v8i1.1202](https://doi.org/10.33592/unistek.v8i1.1202)
- Kaid, H., Dabwan, A., & Al-Ahmari, A. (2018). Modeling and Simulation of Queuing Systems Using Stochastic Petri net and Arena Software: A Case Study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 1303-1315.
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P., Zupick, N.B. (2015). *Simulation with ARENA* (6th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Law, A.M. (2014). *Simulation Modeling and Analysis* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Mitrovic, M., Popovic, D., Vidovic, M., & Radivojevic, G. (2021). Order Level Optimization in Inventory Management

- Using Arena Simulation Model. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*. 11(2), 257-266. [10.7708/ijtte.2021.11\(2\).06](https://doi.org/10.7708/ijtte.2021.11(2).06)
- Manalu, C., & Palandeng, I. (2019). Analisis Sistem Antrian Sepeda Motor pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) 74.951.02 Malalayang. *Jurnal EMBA*. 7(1), 551–560. <http://repository.unwidha.ac.id/id/eprint/2369>
- Palit, T., Islam, M.K., & Mukaddes, A.M.M. (2019). Development of An Arena Simulation Model for Scheduling Problems in Job Shop Production. *International Conference on Mechanical, Industrial and Materials Engineering*. 18, 314-319.
- Rajuwar, M.K., & Kalita, D. (2018). Simulation of Queuing System for Car Service Center using Arena Simulation Software. *International Journal of Production Engineering*. 4(2), 1-12. [10.37628/IJPE.V4I2.649](https://doi.org/10.37628/IJPE.V4I2.649)
- Ramdani, D.A., Wahyudin, W., & Rinaldi, D.N. (2021). Model Sistem Antrian Menggunakan Pola Single Channel-Single Phase dengan Promodel pada Antrian Alfamart Unsika. *Jurnal of Industrial Engineering and Manajemen*. 16(1), 13-24. [10.33005/tekmapro.v16i1.191](https://doi.org/10.33005/tekmapro.v16i1.191)
- Rasib, A.H.A, Abdullah, R., Bazillah, N.F., Rafaat, Z.F.M., & Noor, R.M. (2021). Production Smoothness Improvement through ARENA Application in the Food Manufacturing Industry. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*. 12(3), 3516-3526. [10.17762/turcomat.v12i3.1627](https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i3.1627)
- Supriyadi, S., Alfarisi, S., Karno, R., & Cahyadi, D. (2018). Queue Design of Bank Teller Service in Banten, Indonesia. *Proceedings of the The 1st International Conference on Computer Science and Engineering Technology Universitas Muria Kudus*, 165–171. [10.4108/eai.24-10-2018.2280631](https://doi.org/10.4108/eai.24-10-2018.2280631)

This page is intentionally left blank.