



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmatis/index>

JURMATIS

Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri



Model Simulasi Sistem Diskrit untuk Meminimasi Rata-rata Waktu Tunggu Truk (Studi Kasus PT. XYZ)

Nur Layli Rachmawati^{*1}, Pramesti Adwinda Dianisa²

nl.rachmawati@universitaspertamina.ac.id^{*1}, pramestiadwindadianisa@gmail.com²
^{1,2} Progam Studi Teknik Logistik, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 23 – Februari – 2022

Revised : 06 – Juli – 2022

Accepted : 25 – Juli – 2022

Kata kunci :

Average Time, DES,
Pro-Model, Queue, Trucks

Abstract

Sugarcane (*Saccharum Officinarum*), as a raw material sugar-making process, is the essential component for the sugar industry, including PT XYZ. Sugarcane is a perishable good with 48 hours shelf life after being cut from the garden; if it exceeds the shelf life, the sugarcane yield will decrease. The random pattern of truck arrivals causes a queue of trucks within the factory. This study aims to reduce the average waiting time of entities in the system using discrete simulations. Discrete-event simulation is used to capture changes in variables and has been widely used to solve queuing problems. We developed four scenarios to seek the better solution. Scenario 1 is to shift the location of the sugarcane unloading tables 1 and 2. Scenario 2 is to add one location for unloading the sugarcane table. Scenario 3 adds the function of unloading small ankle trucks and large ankles on sugar cane loading tables 4 and 5. Scenario 4 is developed by combining scenarios 1 and 3. The results show that the reduction in average waiting time of scenario 1: long truck 15.9 minutes and small ankle truck 124.6 minutes; scenario 2: small ankle truck 5.5 minutes; scenario 3: small ankle truck 95.5 minutes; scenario 4: small ankle truck 163.3 minutes and long truck 13.1 minutes. Based on those scenarios, scenario 4 obtained the best solution with a total decrease the average truck time in the system of 176.4 minutes or 8% better than existing system.

Abstrak

Tebu (*Saccharum Officinarum*) sebagai bahan baku pembuatan gula menjadi komponen paling penting bagi industri pengolahan gula, termasuk PT XYZ. Tebu bersifat *perishable* dengan masa simpan maksimal selama 48 jam setelah ditebang dari kebun, dan jika melebihi waktu simpan maka kadar rendemen tebu akan menurun. Pola kedatangan truk yang acak menyebabkan timbulnya antrean truk dalam pabrik. Penelitian bertujuan untuk mengurangi antrean truk dengan indikator pengurangan rata-rata waktu tunggu entitas dalam sistem menggunakan simulasi diskrit. Simulasi diskrit digunakan karena dapat menangkap perubahan variabel dan telah banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan antrian, Simulasi menggunakan 4 skenario usulan. Skenario 1 adalah dengan menggeser lokasi meja tebu bongkar 1

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format: N. L. Rachmawati and P. A. Dianisa, "Model Simulasi Sistem Diskrit untuk Meminimasi Rata-rata Waktu Tunggu Truk (Studi Kasus PT. XYZ)," *Jurmatis (Jurnal Manaj. Teknol. dan Teknik Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 122–136, 2022..

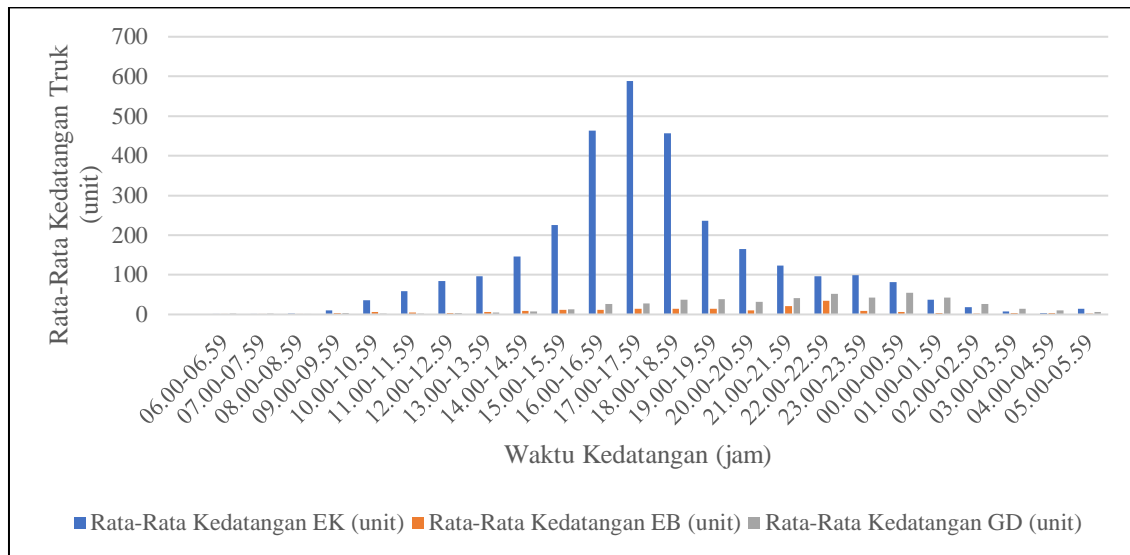
dan 2. Skenario 2 adalah dengan menambah satu lokasi meja tebu bongkar. Skenario 3 adalah dengan menambahkan fungsi bongkar truk engkel kecil dan engkel besar pada meja tebu bongkar 4 dan 5. Sedangkan skenario 4 dikembangkan dengan cara menggabungkan skenario 1 dan 3. Berdasarkan skenario, pengurangan waktu tunggu rata-rata skenario 1: truk gandengan 15.9 menit dan truk engkel kecil 124.6 menit; skenario 2: truk engkel kecil 5.5 menit; skenario 3: truk engkel kecil 95.5 menit; skenario 4: truk engkel kecil 163.3 menit dan 13.1 menit untuk truk gandengan. Skenario terbaik adalah skenario 4 dengan penurunan total sebanyak 176.4 menit atau 8% dari sistem eksisting.

1. Pendahuluan

Tebu (*Saccharum Officinarum*) adalah tanaman yang tumbuh di iklim panas hingga sedang pada suhu di kisaran 22-27° C dan memiliki kandungan gula pada batangnya [1]. Kandungan nira yang terdiri dari air, gula, mineral dan bahan lain yang bersifat non gula pada batang tebu mengambil persentase mencapai 87.5% [2]. Oleh karena itu, tanaman tebu dimanfaatkan sebagai bahan baku utama bagi industri pengolahan gula. Pada industri pengolahan gula, salah satu aktivitas penting adalah pengangkutan tebu. Pengangkutan tebu yang dimaksud adalah pemindahan tebu dari tempat asal, umumnya adalah kebun milik petani, ke tempat tujuan yaitu meja tebu bongkar. Kinerja pada proses pengangkutan tebu perlu dimaksimalkan karena tebu yang bersifat *perishable*, yaitu tanaman yang rawan mengalami kerusakan yang ditandai dengan menurunnya jumlah rendemen. Bahan baku tanaman tebu hanya memiliki masa simpan maksimal selama 48 jam atau 2 hari setelah di tebang dari kebun [3]. Semakin lama penundaan giling tebu maka semakin besar penyusutan bobot tebu dan penurunan kadar gula dalam tebu [4]. Penundaan penggilingan melebihi waktu maksimal akan mengurangi kadar *brix* (zat padat dalam larutan) dan *pol* (jumlah sukrosa dalam larutan) sehingga berpengaruh terhadap rendahnya kadar rendemen yang terkandung dalam tebu. Pada industri pengolahan gula rendemen menjadi hal yang wajib diperhatikan, karena apabila rendemen bahan baku tebu rendah maka kuantitas gula hasil produksi menjadi kurang optimal.

PT XYZ merupakan pabrik yang berfokus pada pengolahan tebu menjadi gula kemasan sebagai produk utama yang diperjualbelikan. PT XYZ menggunakan 3 jenis truk sebagai moda transportasi pengangkutan tebu petani ke pabrik, yaitu engkel kecil, engkel besar, dan gandengan. Perbedaan ketiga jenis truk terletak pada kapasitas angkut setiap kendaraan. Engkel kecil memiliki kapasitas sekitar 75 ku, engkel besar berkapasitas 140 ku, sedangkan gandengan memiliki kapasitas sekitar 300 ku. Gambar 1 merupakan

grafik rata-rata persentase jumlah kedatangan truk Engkel Kecil (EK), Engkel Besar (EB), dan Gandengan (GD) pada tanggal 25 Mei-31 Juli 2021 yang berlangsung selama 24 jam.



Gambar 1. Jumlah Kedatangan Truk per Jam

Pada Gambar 1, diketahui pola kedatangan truk pemasok tebu tidak stabil setiap jamnya, untuk jenis truk engkel kecil kedatangan paling banyak terjadi pada pukul 17.00-17.59 dengan persentase 11.092 % atau sekitar 588 unit, untuk truk engkel besar kedatangan truk paling banyak saat pukul 22.00-22.59 dengan persentase 9.726 % atau berkisar 34 unit, sedangkan kedatangan truk gandengan paling besar saat pukul 00.00-00.59 dengan persentase 7.872% atau 55 unit. Data pola kedatangan truk yang acak inilah yang menyebabkan timbulnya antrian truk pada proses bongkar tebu. Antrian atau *queueing* merupakan suatu kondisi dimana pelanggan diharuskan menunggu terlebih dahulu sebelum mendapatkan pelayanan [5]. Tempat antrian truk angkut tebu yang berlokasi di amplasemen luar pabrik menjadi alasan lain mengapa antrian truk wajib untuk diminimalisir karena adanya ketidakpastiaan cuaca dan resiko kontaminasi bakteri. Oleh karena itu, antrian truk pemasok tebu sebisa mungkin harus dikurangi.

Permasalahan antrian truk dapat dipecahkan menggunakan metode simulasi dengan menangkap perilaku model. Simulasi merupakan proses meniru suatu sistem. Metode simulasi memberikan keuntungan karena skenario-skenario usulan dapat dibandingkan dengan leluasa tanpa mengusik kinerja operasional harian dan menambah banyak sumber daya [6], [7] dan [8]. Simulasi yang diterapkan pada penelitian ini adalah *discrete-event simulation* (DES). DES cocok digunakan untuk memodelkan suatu sistem yang dinamis (variabel berubah sepanjang waktu), diskrit (perubahan sistem terjadi pada kejadian diskrit), dan stokhastik [9]. DES sering digunakan untuk menyelesaikan masalah antrian karena

dapat menangkap perubahan variabel, seperti permasalahan PT XYZ, yang memiliki beberapa variabel yang selalu berubah, diantaranya jumlah kedatangan truk dan waktu pembongkaran yang berbeda. Studi terkait penerapan metode DES untuk memaksimalkan kinerja perusahaan telah banyak diimplementasikan. Kambli et al. [10] mengevaluasi dampak realokasi kapasitas dan manajemen antrian terhadap waktu tunggu pelanggan menggunakan metode *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (DMAIC) dan DES. Smith, D. dan Srinivas, S. [11] menggunakan metode DES untuk mengevaluasi strategi *check-in* di gudang dengan tujuan meningkatkan kinerja operasional *inbound logistics*. Xian, T. C. et al. [12] mengembangkan model antrian menggunakan pendekatan DES untuk peningkatan kinerja layanan di UniMall. Indikator kinerja layanan yang digunakan adalah waktu rata-rata dalam sistem, jumlah siswa yang dilayani, jumlah siswa dalam antrian tunggu, waktu tunggu waktu dalam antrian serta panjang maksimum *buffer*. Menurut Hartati, M. et al. [13], satu tambahan pipa di dermaga B1 dan B2 membuat lebih banyak kapal yang dilayani. Penambahan fasilitas *filling shed* dapat mengurangi jumlah antrian truk tangki pada [14]. Penambahan mesin cetak struk otomatis di Mcdonald's Plaza Marina berhasil menurunkan rata-rata waktu tunggu pengunjung menjadi 95,8% dari kondisi eksisting [15]. Kiani, et al. [16] menggunakan pendekatan simulasi untuk mengurangi jumlah rata-rata truk dalam antrian dan waktu tunggu rata-rata truk di pintu masuk dan keluar pelabuhan, studi kasus Pelabuhan Shahid Rajae.

Pada penelitian ini menggunakan alat bantu *software*, yakni ProModel. ProModel sudah banyak digunakan oleh peneliti terdahulu, sebagai contoh Putri et al. [17] menggunakan ProModel untuk menentukan spesifikasi *Mass Rapid Transit* (MRT) Jakarta, Lee et al. [18] menyelesaikan studi kasus di industri jasa katering menggunakan ProModel, Novrisal, D. et al. [19] menggunakan ProModel untuk meningkatkan kinerja bandara di terminal keberangkatan badara Soekarno-Hatta. Tearwattanarattikal, et al. [20] memanfaatkan ProModel sebagai alat bantu untuk pengambilan keputusan terkait perluasan kapasitas dan perencanaan tata letak di pabrik kemasan plastik. Villaflores, et al. [21] membandingkan dua *layout* pada proses fasilitas vaksinasi di Metro Manila menggunakan ProModel. Tata letak yang diusulkan memberikan aliran proses yang jauh lebih baik dan penghematan waktu untuk meminimalkan paparan terhadap risiko.

Berdasarkan permasalahan yang ada penelitian ini bertujuan untuk meminimasi waktu antrean truk menggunakan pendekatan metode DES. Alternatif solusi akan dikembangkan berdasarkan hasil analisis dari kondisi eksisting. Alternatif solusi yang dikembangkan

diharapkan dapat memberikan rancangan tata letak pada proses bongkar muat tebu di PT XYZ sehingga dapat meningkatkan efisiensi.

2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan utama yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu 1) membangun model simulasi untuk kondisi eksisting, 2) melakukan analisis dari hasil simulasi model eksisting, 3) mengembangkan 4 alternatif skenario, 4) melakukan perbandingan kinerja sistem untuk memilih solusi terbaik. Penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak ProModel untuk menyelesaikan masalah. Proses dalam simulasi mengikuti proses yang diamati di PT XYZ, diilustrasikan pada Gambar 2. Data *input* yang dikumpulkan berasal dari data historis, dokumentasi sistem, dan observasi.

Tabel 1 memuat informasi terkait truk pengangkut bahan baku tebu milik PT XYZ yaitu jenis engkel kecil, engkel besar, dan gandengan. Data informasi truk angkut akan menjadi *input* untuk elemen entitas dalam sistem.

Tabel 1. Informasi Truk

No	Jenis Truk	Dimensi (p*l*t) (m ³)	Kapasitas (ku)	Kecepatan (mpm)	Kecepatan Bongkar (second)
1	Engkel Kecil	2.5*5.5*2	75	833.333	U(120, 300)
2	Engkel Besar	3*9*2.6	140	666.667	U(120, 300)
3	Gandengan	3*14*2.6	300	666.667	U(300, 420)

Keterangan: p=panjang, l=lebar, t=tinggi, m³=meter kubik, ku=kuintal, mpm=*miles per minute*.

(Sumber: PT.XYZ, 2021)

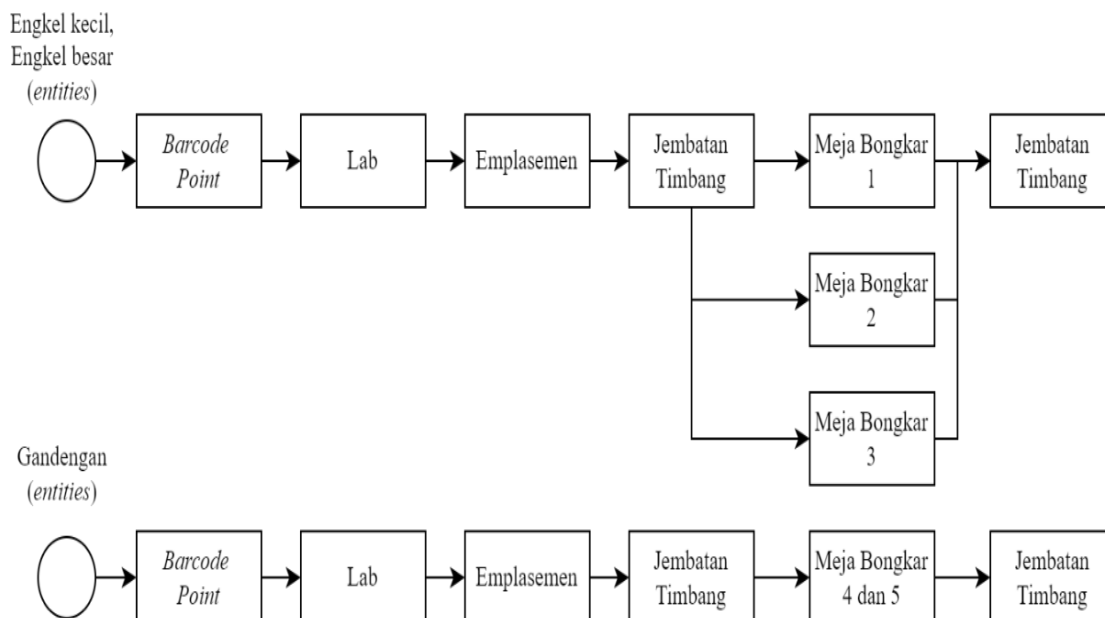
Tata letak lokasi yang dilalui oleh truk pengangkut bahan baku tebu diperlukan untuk memperjelas gambaran sistem dalam melakukan simulasi. Pada Tabel 2 dapat dilihat luas lahan dan kapasitas emplasemen timur dan barat sebagai lokasi antrian truk sebelum dilakukan pembongkaran tebu. Informasi terkait kapasitas akan didefinisikan dalam elemen lokasi dalam pemrosesan simulasi menggunakan ProModel.

Tabel 2. Informasi Emplasemen

No	Deskripsi	Luas (Ha)	Kapasitas (rit)		
			Engkel Kecil	Engkel Besar	Gandengan
1	Emplasemen Timur	1940	-	100	150
2	Emplasemen Barat	3805	1064	-	-

Keterangan: Ha=hektar

(Sumber: PT. XYZ, 2021)



Gambar 2. Entities Flow Diagram
 (Sumber: Olah data, 2021)

Waktu operasi untuk proses pembongkaran tebu PT XYZ berlangsung selama 24 jam setiap hari. Waktu proses setiap lokasi yang perlu dilalui truk angkut tersaji pada Tabel 3.

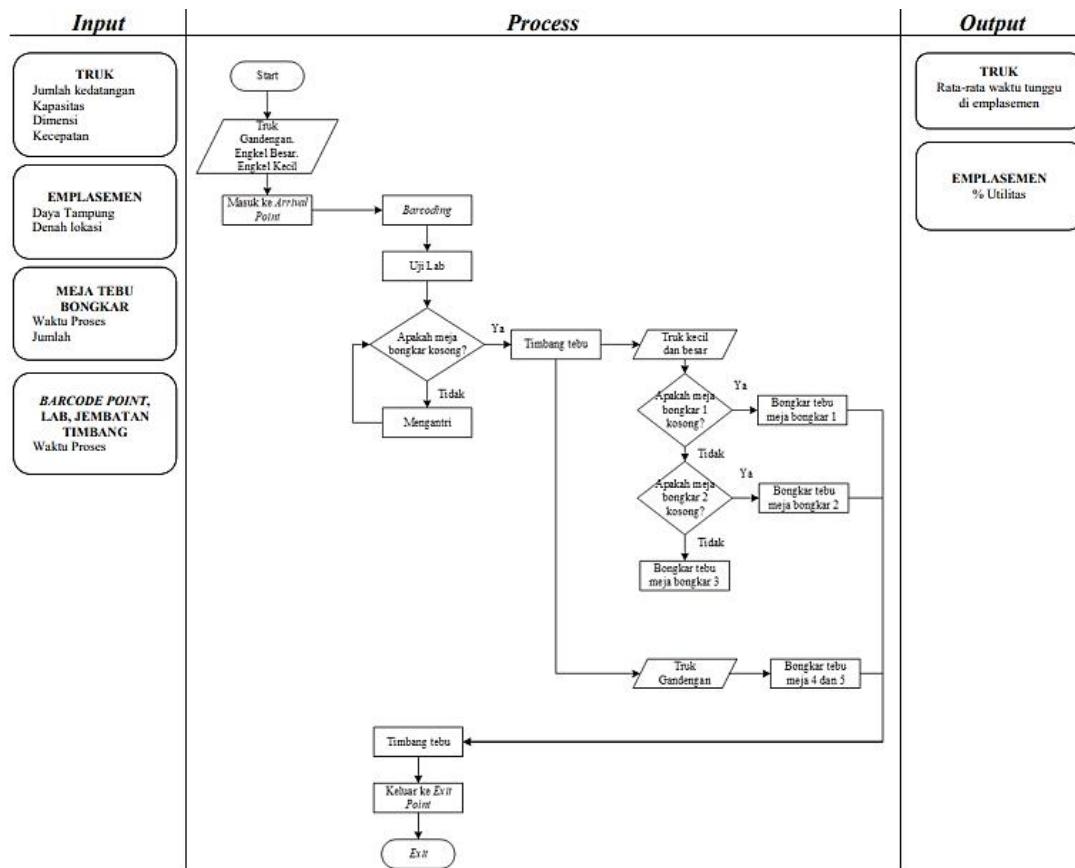
Tabel 3. Waktu Proses Tiap Lokasi

No	Lokasi	Waktu Proses (menit)
1	Barcode Point	00:02:30
2	Lab	00:01:00
3	Jembatan Timbang	00:01:00

(Sumber: Olah data, 2021)

Kuantitas truk angkut yang datang setiap jam maupun setiap harinya ke pabrik akan menjadi *input* untuk pendefinisian kedatangan (*arrival*) dalam sistem simulasi. Jumlah truk yang datang akan diolah terlebih untuk menentukan sebaran distribusinya menggunakan *user distribution* dalam perangkat lunak ProModel. Sedangkan, data realisasi giling akan menjadi referensi dalam pendefinisian waktu proses untuk pembongkaran tebu.

Model konseptual adalah kerangka hubungan antara faktor yang memberikan dampak satu sama lain dalam menganalisis permasalahan sistem nyata [22][2]. Setelah merancang model konseptual, dilakukan pembangunan model simulasi berdasarkan karakteristik sistem nyata menggunakan aplikasi ProModel [23][3]. Model konseptual dan termasuk di dalamnya beberapa elemen pembangun model simulasi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Model Konseptual Proses Bongkar Muat Tebu di PT XYZ

2.1 Entities

Entities merupakan objek yang diproses dalam model simulasi dan pergerakannya menimbulkan suatu kejadian [24]. Tabel 4 adalah entitas dalam model simulasi yang dijalankan. Pada penelitian, entitas yang diamati adalah 3 jenis truk yang digunakan pabrik untuk mengangkut bahan baku tebu, yaitu truk jenis engkel kecil, engkel besar, dan gandengan.

Tabel 4. Entities

Name	Speed (mpm)	Starts
EngkelKecil	833.33	Time Series
EngkelBesar	666.667	Time Series
Gandengan	666.667	Time Series

Keterangan: mpm=*miles per minute*
 (Sumber: Olah data, 2021)

2.2 Location

Location menyatakan tempat dalam model simulasi, mulai dari titik kedatangan (*arrival point*) hingga titik keluar sistem (*exit point*) [25]. Emplasemen adalah salah satu lokasi penting dalam model simulasi, dimana merupakan tempat truk angkut untuk menunggu/ mengantri sebelum dilakukan proses bongkar. Emplasemen 1 adalah

emplasemen yang dikhususkan untuk truk engkel kecil, emplasemen 2 adalah lokasi antri untuk truk engkel besar, sedangkan emplasemen 3 dikhususkan untuk truk gandengan.

2.3 User Distribution

User distribution berfungsi sebagai representasi data untuk mengetahui pola distribusi dari parameter-parameter tertentu [25]. Tabel 5 menampilkan parameter yang ingin diketahui distribusinya, yaitu jumlah kedatangan truk setiap hari.

Tabel 5. *User distribution*

ID	Type	Cummulative	Table
Jumlah_EngkelKecil	<i>Discrete</i>	<i>No</i>	<i>Defined</i>
Jumlah_EngkelBesar	<i>Discrete</i>	<i>No</i>	<i>Defined</i>
Jumlah_Gandengan	<i>Discrete</i>	<i>No</i>	<i>Defined</i>

(Sumber: Olah data, 2021)

2.4 Arrival Cycle

Arrival cycle menggambarkan bagaimana siklus kedatangan entitas dalam sistem. *Arrival cycle* akan memperjelas kedatangan entitas apabila setiap interval waktu kedatangan, jumlah entitas yang datang berbeda berbeda Tabel 6 adalah *arrival cycle* kedatangan truk setiap jamnya selama 24 jam waktu operasi sistem.

Tabel 6. *Arrival cycle*

ID	Qty/%	Cummulative	Table
Kedatangan_EngkelKecil	<i>Percent</i>	<i>No</i>	<i>Defined</i>
Kedatangan_EngkelBesar	<i>Percent</i>	<i>No</i>	<i>Defined</i>
Kedatangan_Gandengan	<i>Percent</i>	<i>No</i>	<i>Defined</i>

(Sumber: Olah data, 2021)

2.5 Arrival

Dari Tabel 7 diketahui bagaimana *arrival* atau kedatangan dari setiap entitas ke sistem.

Tabel 7. *Arrival*

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurances	Frequency
EngkelKecil	<i>ArrivalPoint</i>	Jumlah_EngkelKecil();Kedatangan_EngkelKecil	0	inf	24 hr
EngkelBesar	<i>ArrivalPoint</i>	Jumlah_EngkelBesar();Kedatangan_EngkelBesar	0	inf	24 hr
Gandengan	<i>ArrivalPoint</i>	Jumlah_Gandengan();Kedatangan_Gandengan	0	inf	24 hr

Keterangan: inf=*infinity*, hr=*hour*

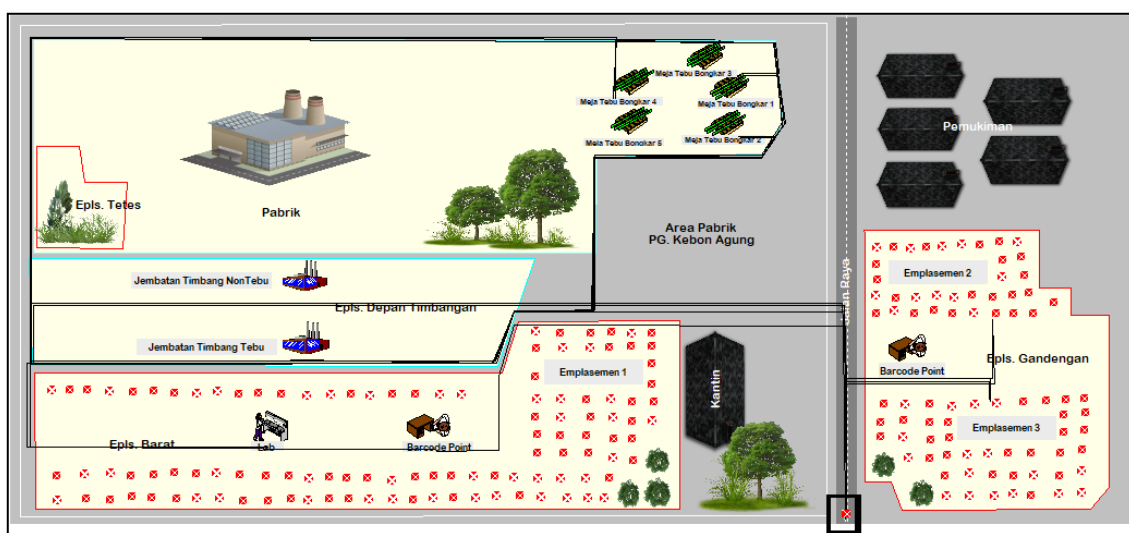
(Sumber: Olah data, 2021)

2.6 Processing

Penggambaran proses model simulasi dibuat semirip mungkin dari sistem nyata dengan menggunakan representasi dari model konseptual. Proses yang terjadi pada bongkar tebu truk angkut di PT XYZ diawali dari masuknya truk pengangkut tebu ke sistem, setelah itu truk yang masuk akan didata di lokasi *barcode point*, selanjutnya akan dilakukan pengambilan sampel tebu untuk kebutuhan lab, apabila terdapat meja tebu bongkar yang kosong maka akan ada panggilan truk untuk masuk ke meja bongkar, apabila tidak maka truk angkut harus menunggu terlebih dahulu di emplasemen luar pabrik. Ketika ada meja tebu bongkar yang kosong, barulah truk angkut menuju jembatan bruto untuk dilakukan timbang dan masuk ke meja tebu bongkar. Meja tebu bongkar 1, 2, dan 3 dialokasikan untuk jenis truk engkel kecil dan engkel besar, sedangkan pembongkaran tebu pada truk gandengan dilakukan oleh 2 meja tebu bongkar sekaligus, yaitu meja bongkar 4 dan 5. Truk kosong akan menuju jembatan tara untuk dilakukan penimbangan berat bersih truk dan selanjutnya akan keluar dari sistem. Dalam model simulasi ProModel, semua proses yang dilalui entitas dituliskan pada elemen *processing*. Processing memiliki atribut *entity*, *location*, *operation*, *block*, *output*, *destination*, *rule*, dan *move logic*.

3. Hasil dan Pembahasan

Layout model simulasi yang digambarkan dibuat semirip mungkin dengan keadaan di lapangan. *Layout* model simulasi dari sistem eksisting pada proses bongkar tebu di PT XYZ dapat dilihat pada Gambar 4.



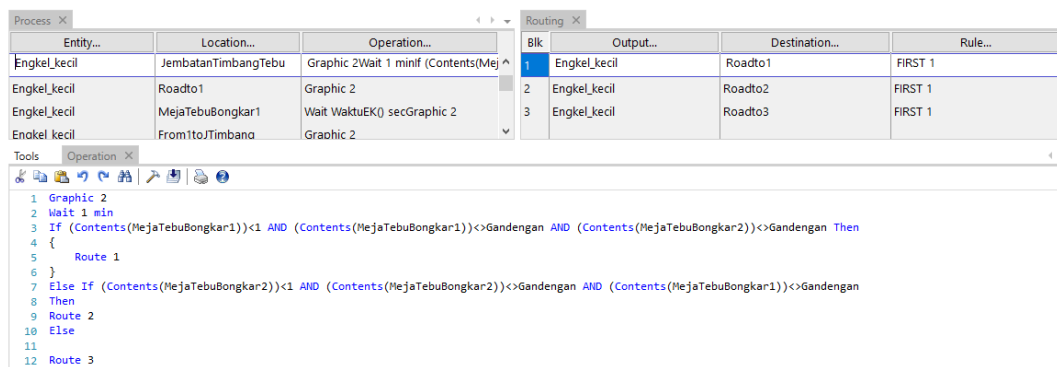
Gambar 4. *Layout* Model Simulasi

Skenario Usulan 1

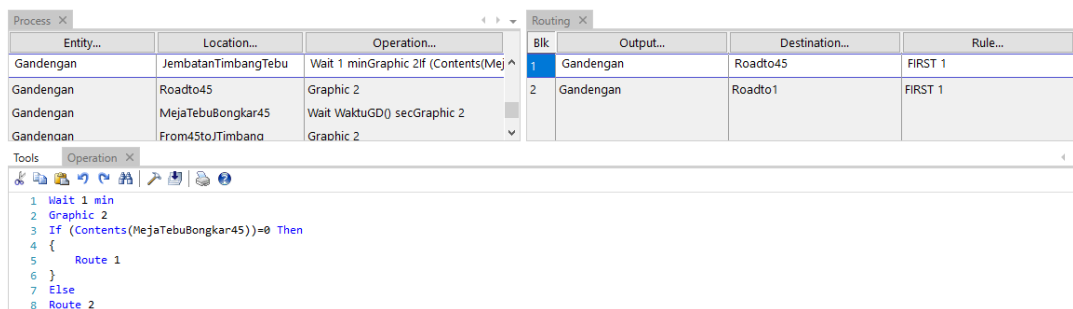
Skenario usulan 1 dilakukan dengan menambahkan proses bongkar truk gandeng di meja tebu 1 dan 2. Pada sistem eksisting, Gambar 5, meja tebu bongkar 1 dan 2 kurang cocok untuk jenis truk gandengan yang berukuran lebih panjang dari jenis truk lain dengan 2 buah bak truk dibelakang kemudi. Oleh karena itu, skenario 1 yaitu melakukan pergeseran tata letak meja bongkar 1 dan 2 ke sebelah timur, sehingga bisa dialokasikan untuk membongkar tebu yang dibawa oleh truk gandengan. Pengembangan skenario usulan ini dilakukan dengan mengubah pendefinisian proses yang berasosiasi dengan penambahan fungsi meja tebu bongkar 1 dan 2 dalam model simulasi. Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan perubahan fungsi meja tebu bongkar 1 dan 2 di dalam ProModel.



Gambar 5. Kondisi Eksisting Meja Tebu Bongkar 1 dan 2



Gambar 6. Perubahan Proses Truk Engkel Kecil dan Besar Skenario 1



Gambar 7. Perubahan Proses Truk Gandengan Skenario 1

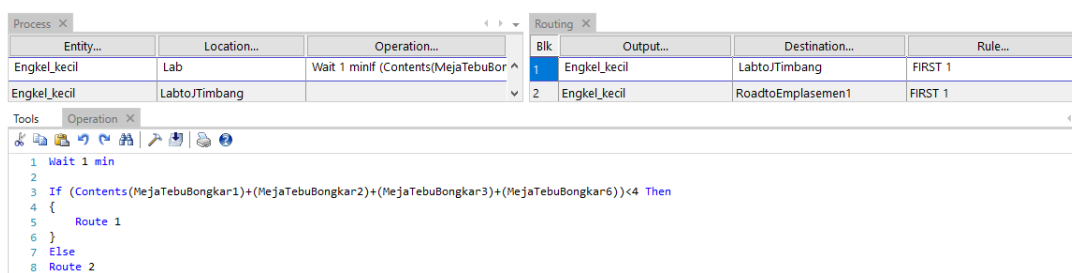
Skenario Usulan 2

Pengembangan skenario 2 dilakukan dengan menambah lokasi meja tebu bongkar. Meja tebu bongkar 6 ditujukan untuk jenis truk kecil dan besar sama seperti meja tebu bongkar 1, 2, dan 3 pada sistem eksisting. Penambahan lokasi meja tebu bongkar diharapkan dapat melayani lebih banyak truk engkel kecil dan besar sehingga waktu tunggu rata-rata truk di emplasemen dapat berkurang. Perubahan pada skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 8, Gambar 8, dan Gambar 9 berikut:

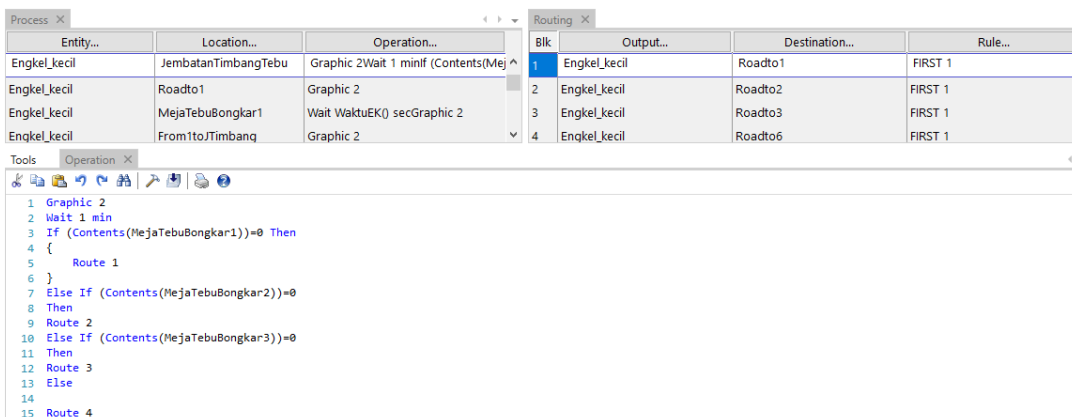
Tabel 8. Perubahan Lokasi Skenario 2

Name	Capacity	Units	Stats	Rules
MejaBongkarTebu6	1	1	Time Series	Oldest, FIFO

(Sumber: Olah data, 2021)



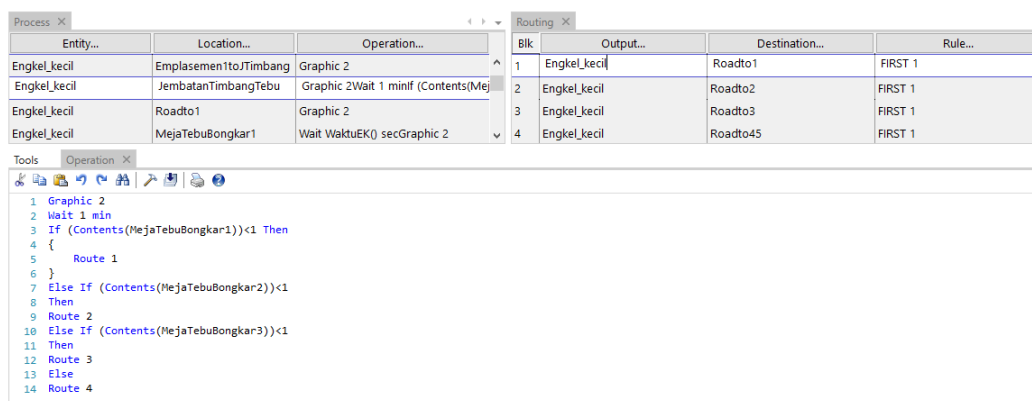
Gambar 8. Perubahan Operasi di Lokasi Lab Skenario 2



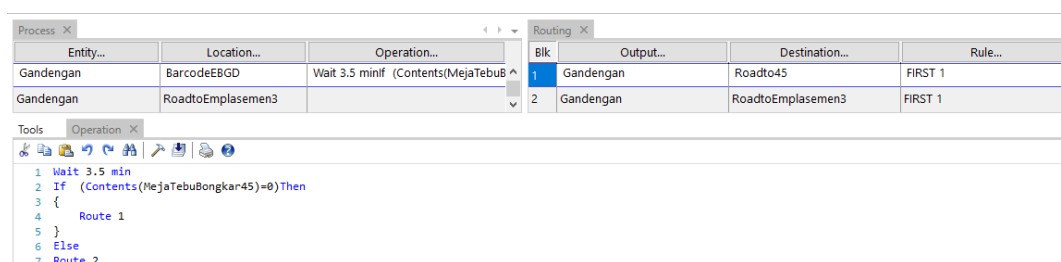
Gambar 9. Perubahan Operasi di Lokasi Jembatan Timbang Skenario 2

Skenario Usulan 3

Skenario 3 menambahkan fungsi bongkar truk kecil dan besar pada meja bongkar tebu 4 dan 5. Sebelumnya meja bongkar tebu 4 dan 5 dikhususkan untuk bongkar truk gandengan, penambahan fungsi ini berarti jika meja bongkar muat tebu 4 dan 5 adalah kosong, maka proses bongkar truk engkel kecil maupun besar dapat dilakukan di lokasi tersebut sesuai prinsip *First-In-First Out* (FIFO). Perubahan pada skenario 3 dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11 berikut ini:



Gambar 10. Perubahan Operasi Truk Engkel Kecil Skenario 3



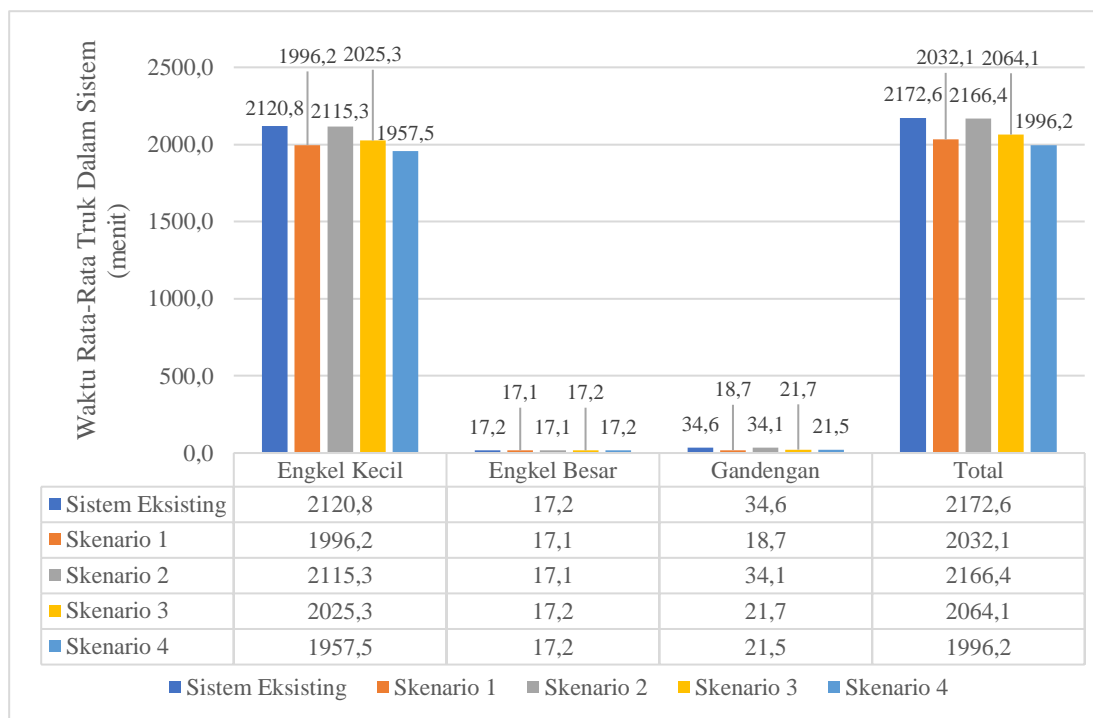
Gambar 11. Perubahan Operasi Truk Gandengan Skenario 3

Skenario Usulan 4

Skenario 4 dilakukan dengan mengadopsi kombinasi skenario 1 dan skenario 3. Kebijakan pada skenario 1 adalah menggeser meja bongkar tebu 1 dan 2 ke timur, digabungkan dengan skenario 3, yaitu dengan menambahkan fungsi bongkar truk engkel kecil dan besar pada meja bongkar tebu 4 dan 5, sehingga meja bongkar muat tebu dapat digunakan untuk menangani lebih banyak jenis truk.

Perbandingan hasil simulasi sistem eksisting, skenario usulan 1, skenario usulan 2, skenario usulan 3, dan skenario usulan 4 dapat dilihat pada Gambar 12. Skenario usulan 1 dengan alternatif solusi penambahan fungsi bongkar truk gandengan pada tabel 1 dan 2 mengakibatkan penurunan waktu rata-rata entitas dalam sistem sebesar 124.6 menit untuk truk engkel kecil dan 15.9 menit untuk truk gandengan. Perhitungan rata-rata waktu entitas dalam sistem digunakan sebagai indikator keberhasilan karena terjadi penurunan waktu yang signifikan sehingga entitas dilayani lebih cepat dan waktu tunggu lebih sedikit. Pada skenario usulan 1, karena pergerakan truk gandengan lebih fleksibel yaitu dapat menuju meja bongkar tebu 1 dan 2, terjadi penambahan jumlah entitas yang telah dilayani sebanyak 31 unit. Skenario 2, dengan alternatif solusi penambahan lokasi meja tebu 6 untuk bongkar muat truk kecil dan besar memiliki efek yang baik terutama untuk truk engkel kecil.

Pada skenario usulan 2, jumlah truk engkel kecil yang mampu keluar dari sistem meningkat menjadi 32 unit, dan mengurangi waktu sistem rata-rata sebesar 5.5 menit. Skenario usulan 3 memungkinkan pembongkaran truk kecil dan besar di meja pemuatan tebu 4 dan 5, mampu menangani 14 truk engkel kecil lebih banyak dan mengurangi waktu rata-rata entitas dalam sistem sebesar 95.5 menit dibandingkan dengan sistem eksisting. Skenario usulan 4, kombinasi skenario 1 dan 3, berdampak baik pada truk engkel kecil dan gandengan. Rata-rata waktu yang dihabiskan truk engkel kecil lebih cepat 163.3 menit dari skenario awal, dengan peningkatan jumlah truk yang dilayani sebanyak 26 unit. Untuk truk gandengan, rata-rata waktu yang dihabiskan berkurang menjadi 13.1 menit. Jadi, dari pengurangan waktu rata-rata truk dalam sistem, dapat disimpulkan bahwa skenario memiliki dampak terbaik untuk mengurangi antrian truk dengan mengurangi total waktu 176.4 menit.



Gambar 12. Perbandingan Waktu Rata-Rata Entitas dalam Sistem

4. Kesimpulan

Skenario 1 dapat mengurangi waktu tunggu rata-rata truk gandengan sebesar 15.9 menit dan truk engkel kecil sebesar 124.6 menit. Skenario 2, dengan penambahan 1 meja bongkar tebu, dapat mengurangi rata-rata waktu tunggu truk engkel kecil sebesar 5.5 menit. Skenario 3 berdampak positif pada truk engkel kecil, ditandai dengan pengurangan waktu rata-rata truk dalam sistem sebesar 95.5 menit. Skenario 4 dapat mempercepat rata-rata waktu truk secara signifikan, yaitu 163.3 menit untuk truk engkel kecil dan 13.1 menit untuk truk gandengan. Dilihat dari total waktu yang dihabiskan oleh seluruh truk dalam sistem,

maka skenario 4 lebih efektif diterapkan dengan total pengurangan 176.4 menit atau lebih rendah 8% dari kondisi eksisting.

Daftar Pustaka

- [1] V. P. Marliani, D. A. Santosa och S. Anwar, "Analisis kandungan hara N dan P serta Klorofil tebu transgenik IPB 1 yang ditanam di Kebun Percobaan PG Djatiroto, Jawa Timur," Institut Pertanian Bogor, 2011.
- [2] M. C. Tarigan, "TINJAUAN NATA DARI AIR TEBU (NATA DE SUGAR CANE) DILIHAT DARI WARNA, AROMA, RASA DAN TEKSTUR," Universitas Negeri Medan, 2012.
- [3] I. E. Kurniawan och Purwono, "Tebang, Muat dan Angkut di Wilayah PG Madukismo, Yogyakarta," *Bul. Agrohorti*, vol. 6, nr 3, p. 354 – 361, 2018.
- [4] A. D. Kuspratomo, Burhan och M. Fakhry, "PENGARUH VARIETAS TEBU, POTONGAN DAN PENUNDAAN GILING TERHADAP KUALITAS NIRA TEBU," *AGROINTEK*, vol. 6, nr 2, pp. 123-132, 2012.
- [5] J. Supranto, Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan, Jakarta: Rajawali Press, 2013.
- [6] M. H. Rizal, N. Siswanto och B. O. P. Soepangkat, "Simulasi Proses Pemuatan Kapal di Pelabuhan PT. Wina Gresik dengan Tujuan Mengurangi Demurrage," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [7] S. Sudaningtyas, "Penentuan Jumlah Operator Optimal dengan Metode Simulasi," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 13, nr 2, p. 177–185, 2012.
- [8] J. Banks, J. S. C. II, B. L. Nelson och D. M. Nicol, Discrete-Event System Simulation, Delhi, India: Pearson, 2004.
- [9] C. Kogler och P. Rauch, "Contingency Plans for the Wood Supply Chain Based on Bottleneck and Queuing Time Analyses of a Discrete Event Simulation," *Forest*, vol. 11, nr 4, p. 396, 2020.
- [10] A. Kamlib, A. A. Sinha och S. Srinivas, "Improving campus dining operations using capacity and queue management: A simulation-based case study," *Journal of Hospitality and Tourism Management*, vol. 43, nr June 2020, pp. 62-70, 2020.
- [11] D. Smith och S. Srinivas, "A simulation-based evaluation of warehouse check-in strategies for improving inbound logistics operations," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 94, nr 2019, pp. 303-320, 2019.
- [12] T. C. Xian, C. W. Hong och N. N. Hawari, "Modeling and Simulation of Queuing System for Customer Service Improvement: A Case Study," 2016.
- [13] M. Hartati, I. H. Zah, F. L. Norhiza och T. Nurainun, "Usulan Perbaikan Proses Pelayanan Loading dan Unloading Kapal di Dermaga Curah Cair PT. X dengan Pendekatan Simulasi," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 8, nr 2, pp. 113-120, 2019.
- [14] J. Titarsole och B. J. Camerling, "ANALISIS SISTEM ANTRIAN PADA AREA PARKIR MOBIL TANGKI KE FILLING SHED DENGAN MENGGUNAKAN

- PROMODEL (Studi Kasus Di PT Pertamina Terminal BBM Wayame Ambon),” *ARIKA*, vol. 11, nr 1, pp. 67-82, 2017.
- [15] A. Puspitasari, A. Alessandro, C. Christian, D. Maria och S. Lorinanto, ”PERBAIKAN SISTEM ANTREAN DI MCDONALD’S PLAZA MARINA DENGAN SIMULASI ANTREAN,” *PENA: JURNAL ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI*, vol. 32, nr 2, 2018.
- [16] M. Kiani, J.Sayareh och S. Nooramin, ”A SIMULATION FRAMEWORK FOR OPTIMIZING TRUCK CONGESTIONS IN MARINE TERMINALS,” *Journal of Maritime Research*, vol. VII, nr I, pp. 55-70, 2010.
- [17] V. D. Putri, K. Komarudin och A. R. Destyanto, ”The Determination of MRT (Mass Rapid Transit) Jakarta Train Specification to Reach Headway Target by Using ProModel,” i *2018 3rd International Conference on Computational Intelligence and Applications (ICCIA)*, Hong Kong, 2018.
- [18] C. K. Lee, S. Zhang och K. K. Ng, ”In-Plant Logistics Simulation Model for the Catering Service Industry Towards Sustainable Development: A Case Study,” *Sustainability*, vol. 11, nr 13, p. 3655, 2019.
- [19] D. Novrisal, N. Hamani, A. Elmhamedi och T. P. Soemardi, ”Performance Improvement using Simulation and Line Balancing; Application in Departure Terminal at Airport,” *Applied Mechanics and Materials*, Vol. %1 av %2799-800, nr 2015, pp. 1403-1409, 2015.
- [20] P. Tearwattanarattikal, S. Namphacharoen och C. Chamrasporn, ”Using ProModel as a simulation tools to assist plant layout design and planning: Case study plastic packaging factory,” *Songklanakar J. Sci. Technol.*, vol. 30, nr 1, pp. 117-123, 2008.
- [21] J. A. J. Villaflores, M. Z. A. Llegos, U. K. L. Guna, M. A. F. Faminiano, L. D. Cruzado, K. R. Mendoza och J. E. A. Reyes, ”Process Improvement of COVID-19 Vaccination System by utilizing Queuing Theory and ProModel Simulator on Vaccination Facilities in Metro Manila,” i *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* , Surakarta, Indonesia, 2021.
- [22] S. A. R. Harahap, U. Sinulingga och S. Ariswoyo, ”Analisis Sistem Antrian Pelayanan Nasabah Di PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk Kantor Cabang Utama USU,” *Saintia Matematika*, vol. 2, nr 3, pp. 277-287, 2014.
- [23] M. A. Pasirulloch och E. Suryani, ”PEMODELAN DAN SIMULASI SISTEM INDUSTRI MANUFAKTUR MENGGUNAKAN METODE SIMULASI HYBRID (STUDI KASUS: PT. KELOLA MINA LAUT),” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, nr 2, 2017.
- [24] D. W. Kelton, R. P. Sadowski och N. B. Zupick, *Simulation with Arena*, New York: Mc Graw Hill, 2015.
- [25] C. R. Harrell, B. K. Ghosh och J. Royce O. Bowden, *Simulation Using ProModel*, New York: Mc Graw Hill, 2012.