

Simulasi Model Proses Tebang Muat Angkut (TMA) *On Farm* pada Tanaman Tebu

Yayang Galuh Nur Khamidatullailiyah
Jurusan Teknik Informatika
Universitas Islam Negeri Maulana
Malik Ibrahim
Malang, Indonesia
17650011@student.uin-malang.ac.id

Muhammad Ainul Yaqin
Jurusan Teknik Informatika
Universitas Islam Negeri Maulana
Malik Ibrahim
Malang, Indonesia
yaqinov@ti.uin-malang.ac.id

Adi Heru Utomo
Jurusan Teknologi Informasi
Politeknik Negeri Jember
Jember, Indonesia
adiheruutomo@polije.ac.id

Abstract—Problems that often occur during Tebang Muat Angkut (TMA) season are the sugarcane production capacity that does not meet factory production targets and the accumulation of transportation queues during the sugarcane unloading process. To minimize the TMA process's occurrence, the researcher conducted a simulation to analyze the effective time. The software used in making the TMA simulation is AnyLogic. In this study, researchers used three sources representing sugarcane, land, and transportation. Delay time, arrival time, and capacity are variables that will be tested. The type of arrival time used is the *arrival rate* and *arrival schedule*. Researchers used a discrete event simulation model because it implements a system modeling process related to scheduling time. From the experiments that have been done, the arrival time of the sugarcane source is 1 / second, the land source is 1 / hour, and the transportation source is 1 / hour. Then the load capacity of transportation is 600 sugarcane. Then, delay time of cutting and bundle of sugarcane 0.5,1,1.5 seconds; load 0.5,1,1.5 hours; transportation 2,3,4 hours; and unload 0.5,1,1.5 seconds. The best time estimate in the simulation uses the *arrival rate* of 33.30 seconds, while in the *arrival schedule*, the estimated time is 33.72 seconds.

Keywords— TMA, AnyLogic, discrete event simulation

Abstrak— Masalah yang sering terjadi pada saat musim Tebang Muat Angkut (TMA) tebu yaitu kapasitas produksi tebu yang tidak memenuhi target produksi pabrik dan terjadinya penumpukan antrian transportasi pada proses bongkar tebu. Untuk meminimalisir terjadinya masalah pada proses TMA maka peneliti melakukan simulasi untuk menganalisa waktu yang efektif. Software yang digunakan dalam membuat simulasi TMA yaitu AnyLogic. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan tiga *source* yang merepresentasikan tebu, lahan, dan transportasi. *Delay time*, waktu kedatangan, dan kapasitas merupakan variabel yang akan diuji coba. Jenis waktu kedatangan yang digunakan yaitu *arrival rate* dan *arrival schedule*. Peneliti menggunakan model *discrete event simulation* karena simulasi ini menerapkan proses pemodelan sistem yang berkaitan dengan waktu penjadwalan. Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh waktu kedatangan *source* tebu 1/seconds, *source* lahan 1/hours, dan *source* transportasi 1/hours. Lalu kapasitas muat dari transportasi sebesar 600 tebu. Kemudian, *delay time* tebang dan *bundle* tebu 0.5,1,1.5 seconds; muat 0.5,1,1.5 hours; angkut 2,3,4 hours; dan bongkar 0.5,1,1.5 seconds. Estimasi waktu terbaik pada simulasi menggunakan *arrival rate* sebesar 33.30 seconds, sedangkan pada *arrival schedule* estimasi waktu sebesar 33.72 seconds.

Keywords— TMA, AnyLogic, discrete event simulation

PENDAHULUAN

Pada saat memasuki musim Tebang Muat Angkut (TMA) tebu seringkali tenaga kerja tidak memperhitungkan waktu antara proses tebang, bundle tebu, muat, angkut, dan bongkar. Sehingga hal ini dapat mengakibatkan beberapa masalah seperti tidak dapat memenuhi kapasitas produksi tebu yang masuk ke pabrik dan terjadinya penumpukan antrian transportasi pada proses bongkar tebu [1].

Simulasi proses bisnis dalam lingkungan visual memungkinkan untuk menganalisis, meningkatkan dan mengoptimalkan proses yang menghasilkan pendekatan yang efektif dan realistis untuk manajemen proses bisnis. Oleh karena itu, dilakukan simulasi untuk menganalisa waktu yang efektif pada siklus tebang, muat, dan angkut. Simulasi juga dilakukan untuk melihat keterkaitan pada masing-masing variabel input. Salah satu *software* simulasi yang dapat digunakan yaitu, Anylogic[2].

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan simulasi menggunakan anylogic terkait simulasi model proses bisnis pada permainan Hay Day. Proses simulasi ini dilakukan untuk membandingkan jumlah produk permainan Hay Day dan simulasi. Eksperimen yang dibuat pada simulasi permainan Hay Day adalah penambahan slot antrian pembuatan produk pada setiap mesin pengolahan yang menghasilkan produk lebih banyak. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan jumlah slot sangat berpengaruh untuk menghasilkan jumlah produk. Semakin banyak slot yang digunakan maka produk yang dihasilkan akan lebih banyak pula[2].

Dalam penelitian ini, peneliti menerapkan kapasitas tebu dan penentuan waktu antrian untuk diimplementasikan pada proses simulasi antrian Tebang Muat Angkut. Simulasi kemudian dilakukan menggunakan software Anylogic. Peneliti menggunakan tiga *source* yang merepresentasikan tebu, lahan, dan transportasi. Untuk melakukan simulasi, variabel yang diubah adalah *delay time*, waktu kedatangan, dan kapasitas. Pada waktu kedatangan menggunakan dua jenis kedatangan yaitu, *arrival rate* dan *arrival schedule*. *Arrival rate* digunakan apabila kedatangan agen dihasilkan pada tingkat kedatangan yang spesifik. Sedangkan *Arrival schedule* digunakan apabila agen dibuat menggunakan *arrival schedule*, yaitu jadwal yang menentukan berapa banyak agen yang harus dibuat pada saat-saat tertentu. Dua jenis kedatangan tersebut dipilih karena paling sesuai diterapkan dalam simulasi TMA.

Model simulasi merupakan salah satu bentuk model matematis yang bersifat deskriptif atau prediktif. Model simulasi sangat efektif digunakan untuk sistem yang relatif kompleks untuk pemecahan masalah dari model tersebut[3]. Simulasi memiliki metode tertentu untuk memetakan sistem

nyata menjadi sistem simulasi. Terdapat 3 metode simulasi, yaitu *system dynamics*, *discrete-event simulation*, dan *agent based simulation*. *System dynamics* adalah suatu metode yang digunakan untuk menggambarkan sistem yang dinamis (berubah dari waktu ke waktu), dimana dalam sistem tersebut terdapat hubungan sebab akibat antar variabel yang terjadi dalam sistem umpan balik. *Discrete event simulation* (DES) adalah suatu simulasi dimana perubahan statusnya terjadi pada titik-titik diskrit dalam waktu yang dipicu oleh kejadian (*event*). *Agent based modelling* adalah suatu metode yang digunakan untuk eksperimen dengan melihat pendekatan dari bawah ke atas bagaimana interaksi perilaku-perilaku individu dapat mempengaruhi perilaku sistem.

Penggunaan model *discrete event simulation* ini cocok digunakan dalam proses TMA dikarenakan simulasi ini menerapkan proses pemodelan sistem yang berkaitan dengan waktu penjadwalan. Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis waktu yang efektif dalam melaksanakan kegiatan TMA agar kapasitas produksi tebu dapat memenuhi target produksi pasar dan juga mencegah terjadinya penumpukan antrian transportasi pada proses bongkar tebu. Dengan menggunakan model simulasi ini, diharapkan kegiatan TMA dapat memiliki waktu yang lebih efektif, sehingga bisa memenuhi kapasitas produksi tebu yang masuk ke pabrik serta mencegah terjadinya penumpukan transportasi pada proses bongkar tebu.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pemodelan dan Simulasi

Model adalah suatu deskripsi atau analogi yang digunakan untuk membantu menggambarkan sesuatu yang tidak dapat diamati secara langsung [4]. Pada umumnya model didefinisikan sebagai suatu representasi sistem nyata. Sistem nyata adalah sistem yang sedang berlangsung di dunia nyata dan menjadi permasalahan yang sedang diteliti. Model dapat dikatakan juga sebagai representasi dari sistem. Suatu sistem real dapat dibuat modelnya agar dapat dengan mudah dipelajari dan ditingkatkan performanya tanpa harus melalui serangkaian eksperimen terhadap sistem real. Pemodelan dalam *science dan engineering* dilakukan dengan menurunkan perilaku sistem yang sebenarnya dalam bentuk variabel-variabel dimana keterkaitan diantaranya dapat diperlihatkan dalam suatu persamaan matematis.

Menurut Law and Kelton (2007), dikutip dari [5] simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses – proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah. Simulasi merupakan alat yang tepat untuk digunakan terutama jika diharuskan untuk melakukan eksperimen dalam rangka mencari komentar terbaik dari komponen-komponen sistem [6]. Hal ini dikarenakan sangat mahal dan memerlukan waktu yang lama jika eksperimen dicoba secara riil. Dengan melakukan studi simulasi maka dalam waktu singkat dapat ditentukan keputusan yang tepat serta dengan biaya yang tidak terlalu besar karena semuanya cukup dilakukan dengan komputer [7].

B. AnyLogic

AnyLogic adalah perangkat lunak simulasi yang digunakan untuk membuat lingkungan prototipe virtual. Anylogic mendukung perancangan simulasi perilaku diskrit,

kontinu, dan campuran dari sistem yang kompleks [8]. Pada AnyLogic terdapat menu *palette* yang menyediakan daftar elemen model grafis. Berikut adalah beberapa elemen yang digunakan dalam simulasi TMA [9]:

1. Source

Elemen *source* biasanya digunakan sebagai titik awal dari model proses. Dalam beberapa kasus, ada yang menggunakan dua atau lebih *block source* untuk mengimplementasikan pola kedatangan yang lebih kompleks. Pada *source* ini, pengguna dapat mengatur kedatangan *agent* dengan mengatur pada bagian *properties*. Terdapat enam kedatangan yaitu, *arrival rate*, *interarrival time*, *Arrival table in Database*, *Rate schedule*, *Arrival schedule*, dan *Calls of inject() function*.

Arrival rate digunakan apabila kedatangan agen dihasilkan pada tingkat kedatangan yang spesifik. *Interarrival time* merupakan ekspresi yang digunakan untuk mengevaluasi waktu tunda pada setiap agen [10]. Jika *interarrival time* digunakan dan terkadang mengevaluasi hingga tak terbatas, *source* berhenti menghasilkan agen dan tidak akan dilanjutkan. *Arrival table in Database* digunakan apabila agen dibuat sesuai dengan catatan pada tabel database yang ditentukan. *Rate schedule* digunakan apabila agen dibuat menggunakan *rate schedule*, yaitu jadwal yang menentukan bagaimana tarif kedatangan berubah seiring waktu. *Arrival schedule* digunakan apabila agen dibuat menggunakan *arrival schedule*, yaitu jadwal yang menentukan berapa banyak agen yang harus dibuat pada saat-saat tertentu. *Calls of inject() function* digunakan apabila agen tidak dibuat secara otomatis dan hanya dibuat pada panggilan metode *inject ()*.

2. Queue

Elemen antrian (*buffer*) agen yang menunggu untuk diterima oleh objek berikutnya dalam aliran proses. Antrian dapat berupa FIFO (*default*), LIFO, atau berbasis prioritas.

3. Pickup - Dropoff

Pickup menghapus agen dari objek *Queue* tertentu dan menambahkannya ke konten dari agen *container*. Ada beberapa kondisi pickup yang diberikan, berupa: *all agents*, *first N agents*, *exact quantity of agents* (blok akan menunggu sampai jumlah yang ditentukan tercapai), dan agen dengan kondisi yang diberikan benar. Agen yang ditambahkan nantinya dapat diturunkan menggunakan objek Dropoff.

Dropoff menghapus agen yang terdapat dalam agen *container* yang masuk dan mengeluarkannya melalui *port outDropoff*. Sama halnya dengan Pickup yang digunakan untuk menambahkan agen ke wadah, di sini agen dihapus sesuai dengan mode yang diberikan: *all agents*, *given number*, atau semua yang memenuhi kondisi yang diberikan.

4. Service

Elemen *service* merupakan gabungan antara *delay* dan *queue*, sehingga dapat digunakan untuk mengumpulkan sejumlah unit sumber daya, menunda agen dengan mengatur *delay time*-nya, kemudian melepaskan agen tersebut. Untuk dapat menjalankan *service*, kita harus mendefinisikan sumber daya yang digunakan pada kolom *Resource sets*.

5. Resource Pool

Mendefinisikan satu set unit sumber daya yang dapat dimasukkan dan dilepaskan oleh agen menggunakan blok

Seize, Release, Assembler atau *Service*. *Resource* terdiri dari tiga jenis yaitu, statis, bergerak (*moving*), dan portabel. Statis terikat ke lokasi tertentu (yaitu *node*) di dalam jaringan dan tidak dapat dipindahkan. *Resource moving* dapat bergerak sendiri, mereka dapat mewakili staf ataupun kendaraan. Lalu sumber daya portabel dapat dipindahkan oleh agen atau dengan memindahkan sumber daya tersebut.

6. Sink

Elemen yang digunakan untuk menyelesaikan agen, biasanya merupakan titik akhir dalam model proses. Agen tidak akan dihapus dari model jika tidak terhubung di akhir prosesnya dengan blok *sink* atau *exit*.

C. Discrete Event Simulation (DES)

Discrete Event Simulation (DES) adalah suatu model dalam sistem yang ditunjukkan sebagai kondisi variabel yang berubah seketika pada titik waktu (*point in time*) yang terpisah. (dalam persamaan matematika dapat dikatakan sistem berubah dalam titik waktu tertentu secara z). Dalam titik waktu ini akan terjadi suatu event, dimana event didefinisikan sebagai suatu kejadian yang dapat mengubah kondisi suatu sistem. DES digunakan untuk memodelkan suatu sistem yang berevolusi terhadap waktu sedemikian sehingga variabel state sistem hanya berubah nilai pada waktu-waktu tertentu yang banyaknya dapat dihitung. Contohnya adalah antrian. Pada sistem antrian, secara analitis sistem ini merupakan model yang mempunyai sifat kedatangan pelanggan ke dalam sistem dan kecepatan pelayanannya adalah menuruti distribusi Eksponensial. Sehingga, akan dengan mudah untuk menerapkan persamaan dan solusinya. Meskipun DES dapat diselesaikan secara analitis namun banyaknya data yang harus disimpan, dimanipulasi untuk kejadian di dunia real menunjukkan bahwa DES harus diselesaikan secara komputasi.

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian simulasi Tebang Muat Angkut (TMA). Langkah pertama melakukan pengamatan pada proses TMA. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui proses bisnis dari TMA. Selanjutnya, penelitian dilanjutkan dengan melakukan perancangan skenario kebutuhan dari proses bisnis TMA. Langkah ketiga melakukan pemodelan dan simulasi proses bisnis. Pemodelan dan simulasi TMA dilakukan menggunakan perangkat lunak AnyLogic.

Metode simulasi yang digunakan pada anylogic yaitu *Discrete Event Simulation* (DES). Dari beberapa metode simulasi yang ada, metode DES merupakan metode yang paling sesuai untuk mensimulasikan proses TMA karena, metode ini dapat digunakan untuk memodelkan suatu sistem yang berkaitan dengan waktu penjadwalan dan proses antrian. Pada DES, suatu kejadian (*event*) akan mempengaruhi kejadian (*event*) yang akan berlangsung selanjutnya. Kejadian-kejadian yang biasa terdapat dalam simulasi TMA diantaranya adalah kedatangan entitas tebu ke sebuah lahan, kegiatan tebang, selesainya aktivitas tebang tebu, kegiatan muat, kegiatan angkut, kegagalan resource, dan selesainya sebuah aktivitas TMA. Langkah terakhir yaitu melakukan analisis terhadap jadwal kedatangan dan delay pada simulasi TMA. Beberapa tahapan, ditunjukkan dengan kerangka konseptual pada Fig. 1.



Fig 1. Kerangka Konseptual Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian simulasi Tebang Muat Angkut (TMA) menggunakan AnyLogic, peneliti menggunakan tiga *source*, yaitu tebu, lahan, dan transportasi dengan masing-masing kapasitas yang sudah ditentukan. *Maximum number of arrivals* pada masing-masing *source* tebu, lahan, dan transportasi secara berurutan bernilai 3000, 6, dan 5.

Penelitian menggunakan dua jenis *arrival defined by*, yaitu *rate* dan *arrival schedule* dalam melakukan simulasi proses TMA. Alasan menggunakan dua jenis kedatangan di atas karena fungsi dan penerapannya sesuai dengan simulasi yang akan dilakukan. Jenis kedatangan *rate* dilakukan untuk agen yang datang berdasarkan tingkat kedatangan (*arrival rate*) sedangkan *arrival schedule* dilakukan untuk agen yang dibuat menggunakan jadwal kedatangan. 3000, 6, dan 5.

Peneliti melakukan lima uji coba simulasi TMA menggunakan *Arrival rate*. Pada *source* tebu dan lahan, *arrival rate* dianggap sinkron sedangkan pada *source* transportasi dibuat berbeda karena peneliti hanya mengambil aktivitas mulai dari kegiatan tebang hingga bongkar di pabrik. Pada elemen pickup di lahan menggunakan jenis *exact quantity (wait for)* untuk menentukan kapasitas tebu pada setiap lahan. Sedangkan, untuk kapasitas muat pada transportasi menggunakan pickup jenis *quantity (if available)*. Oleh karena itu, input yang digunakan dalam percobaan ini berupa *arrival rate*, delay time, dan kapasitas pickup. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

TABLE I. HASIL SIMULASI MENGGUNAKAN ARRIVAL RATE

| Source | | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 |
|-----------------------|------------------|--------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| T e b u | Arrival rate | 5/sec | 30/sec | 1/sec | 1/sec | 10/sec |
| | Kapasitas pickup | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| L a h a n | Arrival rate | 15/min | 1/min | 4/hours | 1/hours | 1/hours |
| | Delay | Tebang 1,1,5,2 sec | 1,2,3 min | 1,2,3 hours | 0.5, 1, 1.5 sec | 0.5,1,1.5 min |
| | Bundel tebu | 0.5,1,1.5 min | 1, 1.5, 2 sec | 0.5,1,1.5 min | 0.5,1,1.5 sec | 0.5,1,1.5 min |
| T r | Arrival rate | 5/hours | 9/hours | 1/hours | 1/hours | 5/hours |

| | | | | | | | |
|--|-----------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| a n s p o r t a s i | Kapasitas pick Bundle | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | |
| | De lay | Muat | 1,1.5,2 h | 1,1.5,2 min | 0.5,1,2 min | 0.5,1,1.5 hours | 0.5,1,1.5 min |
| | | Angkut | 1,2,3 hours | 1,1.5,2 hours | 1,1.5,2 min | 2,3,4 hours | 2, 3, 4 min |
| | Bongkar | 1,1.5,2 min | 0.5,1,1.5 min | 0.5,1,1.5 min | 0.5,1,1.5 sec | 0.5,1,1.5 min | |
| | Waktu Simulasi | 19,28 sec | 35,06 sec | 47,65 sec | 33,30 sec | 52,02 sec | |
| | Output | Gagal | Gagal | Gagal | Berhasil | Berhasil | |
| | Keterangan | 202 | 1.678 | 685 | 3000 | 3000 | |

Hasil percobaan simulasi yang tidak sesuai menggunakan *arrival rate* ditunjukkan pada Fig. 2. Delay time yang tidak sinkron antara bundle tebu dengan source transportasi mengakibatkan terjadinya penumpukan pada antrian bundle tebu sehingga, hanya beberapa tebu yang bisa dimuat ke transportasi.

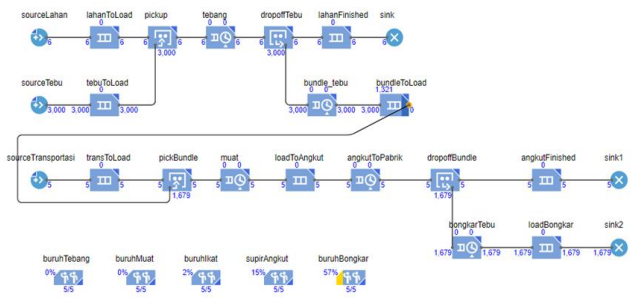


Fig. 2. Hasil Simulasi ke-2 Menggunakan *Arrival rate*

Fig. 3 menunjukkan hasil simulasi yang *output*-nya sesuai dengan *input* tebu yang masuk dimana *delay time* dan kapasitas pickup sudah sinkron, sehingga tidak terjadi penumpukan pada elemen.

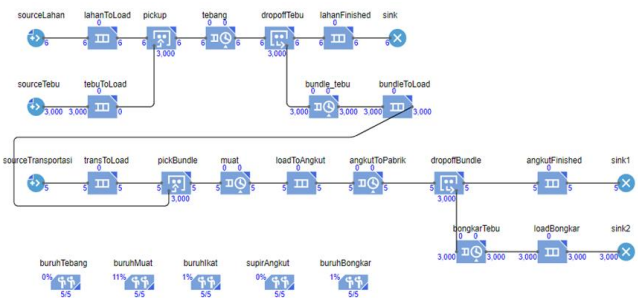


Fig. 3. Hasil Simulasi ke-4 Menggunakan *Arrival rate*

Peneliti menggunakan uji simulasi ke-4 pada tabel 1 karena memiliki estimasi waktu yang paling cepat. Berdasarkan simulasi tersebut, dilakukan percobaan kembali

untuk mendapatkan waktu simulasi yang paling efektif dimana *arrival rate* tebu dan transportasi dibuat mendekati uji 4. Beberapa uji simulasi untuk dianalisis terdapat pada tabel 2 berikut.

TABLE II. SIMULASI ANALISIS WAKTU MENGGUNAKAN ARRIVAL RATE

| No . | Tebu* | Transport* | Waktu (s) | Ket |
|------|-------|------------|-----------|----------|
| 1 | 15 | 5 | 23.22 | Gagal |
| 2 | 25 | 6 | 25.25 | Gagal |
| 3 | 1 | 1 | 33.30 | Berhasil |
| 4 | 20 | 2 | 32.50 | Berhasil |
| 5 | 10 | 2 | 32.70 | Berhasil |
| 6 | 30 | 3 | 34.00 | Berhasil |
| 7 | 50 | 3 | 33.00 | Berhasil |
| 8 | 60 | 7 | 28.69 | Gagal |

*Tebu = *arrival rate* tebu (seconds)

*Transportasi = *arrival rate* transportasi (hours)

Berdasarkan tabel diatas, peneliti mengimplementasikan ke dalam bentuk grafik seperti terdapat pada Fig. 4 di bawah ini.

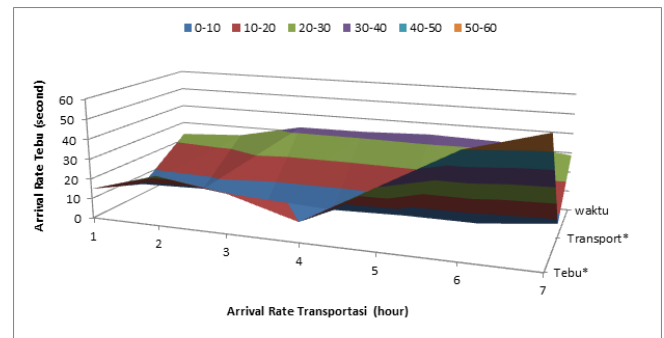


Fig. 4. Grafik *Arrival rate*

Selanjutnya peneliti melakukan uji simulasi kapasitas muat menggunakan *arrival rate* untuk mengetahui *output* yang akan didapatkan sehingga bisa diketahui kapasitas muat yang sesuai seperti pada tabel 3 berikut.

TABLE III. SIMULASI PADA KAPASITAS MUAT MENGGUNAKAN ARRIVAL RATE

| No. | Tebu* | Transport* | Kapasitas Muat | Waktu (s) | Output | Ket |
|-----|-------|------------|----------------|-----------|--------|----------|
| 1 | 15 | 5 | 800 | 30.28 | 2400 | Gagal |
| 2 | 25 | 6 | 700 | 41.06 | 2800 | Gagal |
| 3 | 1 | 1 | 600 | 33.30 | 3000 | Berhasil |
| 4 | 20 | 2 | 300 | 26.26 | 1500 | Gagal |
| 5 | 10 | 2 | 200 | 21.90 | 1000 | Gagal |

| | | | | | | |
|---|----|---|-----|-------|------|-------|
| 6 | 30 | 3 | 400 | 35.67 | 2000 | Gagal |
| 7 | 50 | 3 | 450 | 35.63 | 2250 | Gagal |
| 8 | 60 | 7 | 500 | 36.33 | 2500 | Gagal |

*Tebu = arrival rate tebu (seconds)

*Transportasi = arrival rate transportasi (hours)

Berdasarkan tabel diatas, kapasitas muat pada uji ketiga merupakan yang paling sesuai untuk diterapkan dalam simulasi TMA dengan nilai kapasitas muat senilai 600 dan output tebu yang berhasil diproses senilai 3000.

TABLE IV. HASIL SIMULASI MENGGUNAKAN ARRIVAL SCHEDULE

| Source (Schedule) | | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 |
|-------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| Tebu | Repeat Every | 5/s | 30/s | 1/s | 1/sec | 10/sec |
| | Kapasitas pickup | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Lahan | Repeat Every | 15/min | 1/min | 4/hours | 1/hours | 1/hours |
| | Kapasitas pickup | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Delay Time | tebang | 1,1.5,2 sec | 1,2,3 min | 1,2,3 hours | 0.5,1,1.5 sec | 0.5,1,1.5 min |
| | bundle tebu | 0.5,1,1.5 min | 1,1.5,2 sec | 0.5,1,1.5 min | 0.5,1,1.5 sec | 0.5,1,1.5 min |
| Transportasi | Repeat Every | 5/hours | 9/hours | 1/hours | 1/hours | 5/hours |
| | Kapasitas pickBundle | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Delay Time | muat | 1,1.5,2 hours | 1,1.5,2 min | 0.5,1,2 min | 0.5,1,1.5 hours | 0.5,1,1.5 min |
| | angkut | 1,2,3 hours | 1,1.5,2 hours | 1,1.5,2 min | 2,3,4 hours | 2,3,4 min |
| | bongkar | 1,1.5,2 min | 0.5,1,1.5 min | 0.5,1,1.5 min | 0.5,1,1.5 sec | 0.5,1,1.5 min |
| Waktu Simulasi | | 30,05 sec | 39,30 sec | 91,66 sec | 33,72 sec | 80,64 sec |

| | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| Output | Gagal | Gagal | Gagal | Berhasil | Berhasil |
| Keterangan | 600 | 11 | 2400 | 3000 | 3000 |

Simulasi ke-1 dari tabel 4 di atas disajikan pada Fig.5 berikut, dimana output yang keluar sebesar 600 buah tebu. Hal ini terjadi karena waktu pickup pada source lahan yang tidak sinkron dengan source tebu sehingga tidak semua tebu dapat dimuat ke lahan. Kemudian, waktu yang tidak sinkron juga terjadi pada source transportasi sehingga hanya satu transportasi saja yang dapat diproses hingga akhir.

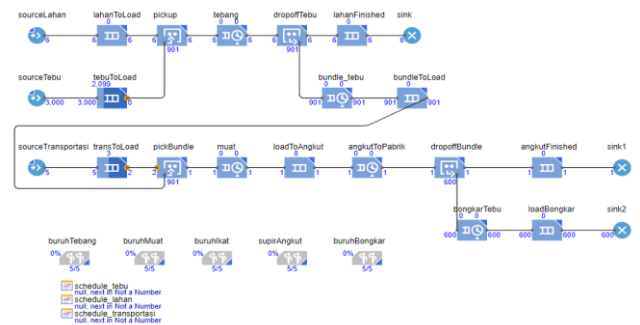


Fig. 5. Hasil Simulasi ke-1 Menggunakan Arrival schedule

Simulasi uji ke-4 dari tabel 4 ditunjukkan pada Fig. 6 yang memiliki nilai output sebesar 3000 tebu. Delay time pada setiap source memiliki waktu yang sinkron sehingga menghasilkan nilai output yang sesuai dengan nilai input.

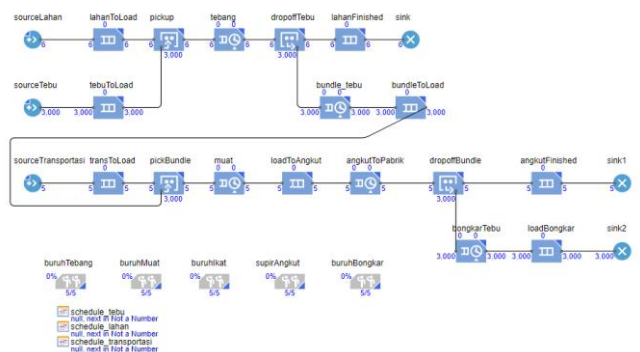


Fig. 6. Hasil Simulasi ke-4 Menggunakan Arrival schedule

Seperti pada pembahasan sebelumnya, peneliti menggunakan uji simulasi ke-4 pada tabel 4 karena memiliki estimasi waktu yang paling cepat. Berdasarkan simulasi tersebut, dilakukan percobaan kembali untuk mendapatkan waktu simulasi yang paling efektif dimana arrival schedule source tebu dan transportasi dibuat mendekati uji 4. Uji simulasi analisis waktu menggunakan arrival schedule disajikan pada tabel 5.

TABLE V. SIMULASI ANALISIS WAKTU MENGGUNAKAN ARRIVAL SCHEDULE

| Uji | Tebu* | Transport* | Waktu (s) | Ket |
|-----|-------|------------|-----------|-------|
| 1 | 15 | 5 | 34.84 | Gagal |
| 2 | 25 | 6 | 32.42 | Gagal |

| | | | | |
|---|----|---|--------|----------|
| 3 | 1 | 1 | 33.97 | Berhasil |
| 4 | 20 | 2 | 75.82 | Berhasil |
| 5 | 10 | 2 | 47.55 | Berhasil |
| 6 | 30 | 3 | 105.56 | Berhasil |
| 7 | 50 | 3 | 165.50 | Berhasil |
| 8 | 60 | 7 | 19.19 | Gagal |

Berdasarkan tabel 5 diatas, peneliti mengimplementasikan ke dalam bentuk grafik yang terdapat pada Fig.7 di bawah ini.

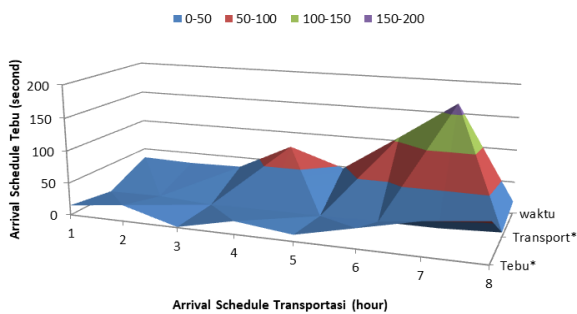


Fig. 7. Grafik Arrival schedule

Selanjutnya peneliti melakukan uji simulasi pada kapasitas muat dengan menggunakan *arrival schedule* untuk mengetahui *output* yang didapatkan sehingga dapat dianalisa kapasitas muat yang sesuai. Simulasi kapasitas muat transportasi menggunakan *arrival schedule* terdapat pada tabel 6.

TABLE VI. SIMULASI PADA KAPASITAS MUAT MENGGUNAKAN ARRIVAL SCHEDULE

| No. | Tebu* | Transportasi* | Kapasitas Muat | Waktu (s) | Output | Ket |
|-----|-------|---------------|----------------|-----------|--------|----------|
| 1 | 15 | 5 | 800 | 54.30 | 2400 | Gagal |
| 2 | 25 | 6 | 700 | 94.68 | 2800 | Gagal |
| 3 | 1 | 1 | 600 | 33.97 | 3000 | Berhasil |
| 4 | 20 | 2 | 300 | 47.12 | 1500 | Gagal |
| 5 | 10 | 2 | 200 | 44.33 | 1000 | Gagal |
| 6 | 30 | 3 | 400 | 76.17 | 2000 | Gagal |
| 7 | 50 | 3 | 450 | 139.4 | 2250 | Gagal |
| 8 | 60 | 7 | 500 | 166.4 | 2500 | Gagal |

*Tebu = *arrival schedule* tebu (seconds)

*Transportasi = *arrival schedule* transportasi (hours)

Berdasarkan tabel diatas, kapasitas muat pada uji ketiga merupakan yang paling sesuai untuk diterapkan dalam simulasi TMA dengan nilai kapasitas muat senilai 600 dan output tebu yang berhasil diproses senilai 3000. Untuk nilai kapasitas yang ± 600 maka output yang dihasilkan tidak sesuai dengan input.

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa penggunaan jumlah kapasitas muat yang mampu diangkat oleh masing-masing transportasi berpengaruh terhadap kapasitas produksi tebu. Simulasi TMA dengan kapasitas muat senilai 600 mampu menghasilkan 3000 output tebu yang berhasil diproses dengan hanya memakan durasi sebesar 33.97 s. Hal ini dapat terjadi karena, tidak adanya penumpukan antrian transportasi pada proses bongkar tebu.

Sehingga tujuan dari penelitian ini telah berhasil dilaksanakan yakni terkait analisis waktu yang efektif dalam melaksanakan kegiatan TMA agar kapasitas produksi tebu dapat memenuhi target produksi pasar dan juga mencegah terjadinya penumpukan antrian transportasi pada proses bongkar tebu sehingga bisa menghasilkan waktu yang efektif.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kapasitas tebu, *delay time*, dan antrian berpengaruh terhadap hasil waktu yang efektif dalam melaksanakan kegiatan TMA berdasarkan *arrival rate* dan *arrival schedule*. Sedangkan pada penelitian sebelumnya tentang simulasi model proses bisnis pada permainan Hay Day yang dibuat dengan menambahkan jumlah slot pada setiap mesin pengolahan produk yang terdapat pada setiap level yang bertujuan untuk mendapatkan hasil produk yang lebih banyak. Hasil penelitian dari simulasi permainan Hay Day dengan AnyLogic digunakan untuk pengambilan keputusan dalam meningkatkan level permainan.

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi Tebang Muat Angkut (TMA) yang telah dilakukan dengan menggunakan dua jenis kedatangan yaitu, *arrival rate* dan *arrival schedule*, maka dapat disimpulkan bahwa sinkronnya waktu kedatangan, *delay time* dan kapasitas akan menghasilkan output yang sesuai serta estimasi waktu terbaik. Waktu terbaik dari *arrival rate* dan *arrival schedule* diperoleh apabila waktu kedatangan *source* tebu adalah 1/seconds, *source* lahan 1/hours, dan *source* transportasi adalah 1/hours. Lalu kapasitas muat dari transportasi adalah 600 tebu. Kemudian, *delay time* tebang dan *bundle* tebu 0.5,1,1.5 seconds; muat 0.5,1,1.5 hours; angkut 2,3,4 hours; dan bongkar 0.5,1,1.5 seconds. Estimasi waktu terbaik pada simulasi menggunakan *arrival rate* sebesar 33.30 seconds, sedangkan pada *arrival schedule* estimasi waktu sebesar 33.72 seconds.

REFERENSI

- [1] I. E. Kurniawan and Purwono, "Tebang, Muat dan Angkut di Wilayah PG Madukismo, Yogyakarta," *Agrohorti*, vol. 6, no. 3, pp. 354–361, 2018.
- [2] M. A. Yaqin, E. F. Febriana, Y. Rahmawati, and N. R. P., "Simulasi Model Proses Bisnis pada Permainan Hay Day," *Seniati*, pp. 20–29, 2019.
- [3] N. K. Kadir, "Survey Aplikasi Pemodelan Dan Simulasi Proses Bisnis Open Source," *Matics*, vol. 10, no. 2, pp. 59–64, 2018.
- [4] R. A. Mahessya, R. Pramana, Gushelmi, and Ikhsan, "Penerapan Queueing Theory Pada Sistem Antrian," *J. Sains dan Inform.*, pp. 9–16, 2017.
- [5] M. I. Nashrulhaq, C. Nugraha, and A. Imran, "Model Simulasi Sistem Antrean Elevator," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 02, no. 01, pp. 121–131, 2014.
- [6] A. T. Sinaga, M. Syahrizal, and M. Panjaitan, "Aplikasi Simulasi Antrian Pembayaran Pajak Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode First in First Out (Fifo) (Studi Kasus Samsat Tamiang)," *Pelita Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 77–83, 2017.
- [7] A. Thoriq, W. K. Sugandi, R. M. Sampurno, and R. P. Aji, "STUDI SIKLUS WAKTU PROSES MUAT ANGKUT TEBU SECARA MEKANIS DI PG. JATITUJUH, MAJALENGKA, JAWA BARAT," *J. Teknotan*, vol. 11, no. 1, pp. 61–67, 2017.

- [8] M. A. Yaqin, R. Samo, and A. C. Fauzan, "Scalability measurement of business process model using business processes similarity and complexity," *Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Informatics*, vol. 2017-December, no. September, 2017.
- [9] D. Ivanov, "Operations and Supply Chain Simulation with AnyLogic 7 . 2," *Oper. supply Chain Simul. with AnyLogic 7.2 Decis. Introd. notes master students. E-textbook, Berlin Sch. Econ. Law (preprint).*, no. 2, p. 97, 2017.
- [10] M. Fadlilah, S. Sugito, and R. Rahmawati, "Sistem Antrian Pada Pelayanan Customer Service Pt. Bank X," *J. Gaussian*, vol. 6, no. 1, pp. 71–80, 2017.