

RESEARCH ARTICLE

# Perancangan Jadwal Kedatangan Truk Menggunakan Model Simulasi Diskrit Untuk Mengurangi Waktu Truck Turnaround Time Pada Pelabuhan PT.ABC

Ensa Apriani, Erlangga Bayu Setyawan\* and Hardian Kokoh Pambudi

Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

\*Corresponding author: [erlanggabs@telkomuniversity.ac.id](mailto:erlanggabs@telkomuniversity.ac.id)

Received on 27 April 2024; accepted on 27 May 2024

## Abstrak

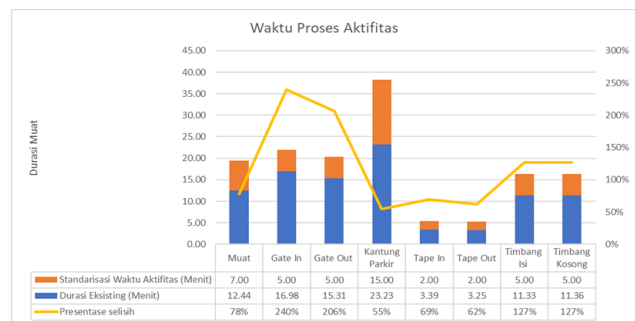
Pelabuhan PT.ABC menghadapi tantangan dalam mengelola kedatangan truk tanpa penjadwalan. Sebagai hasilnya, truk mengalami peningkatan waktu turnaround yang signifikan, mencapai 49% lebih lama dari yang direncanakan. Untuk mengatasi masalah ini, simulasi diskrit dan sistem penjadwalan kedatangan dengan penjadwalan kedatangan diperkenalkan. Simulasi diskrit digunakan untuk memodelkan sistem pelabuhan yang kompleks dengan berbagai parameter, seperti kapasitas gerbang, jembatan timbang, kantong parkir, dan dermaga. Jadwal truk yang awalnya acak diubah menjadi jadwal yang terkoordinasi dengan waktu kedatangan yang lebih merata dan efisien. Frekuensi truk yang datang juga dikendalikan untuk menghindari antrian yang panjang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan sistem penjadwalan kedatangan dengan penjadwalan kedatangan yang diperbarui, *Truck turnaround time* dapat dikurangi menjadi hanya 20,76% dari kondisi sebelumnya. Waktu kedatangan yang lebih teratur, yaitu setiap 13 menit dengan 4 truk per kedatangan, telah membantu mengoptimalkan proses di pelabuhan. Ini akan meningkatkan efisiensi operasional, dan meningkatkan produktivitas pelabuhan PT.ABC secara signifikan. Simulasi diskrit dan sistem penjadwalan kedatangan dengan penjadwalan kedatangan telah terbukti menjadi alat yang efektif dalam mengatasi masalah ini.

**Key words:** *Truck Turnaround Time*, Simulasi Diskrit, Penjadwalan kedatangan truk

## Pendahuluan

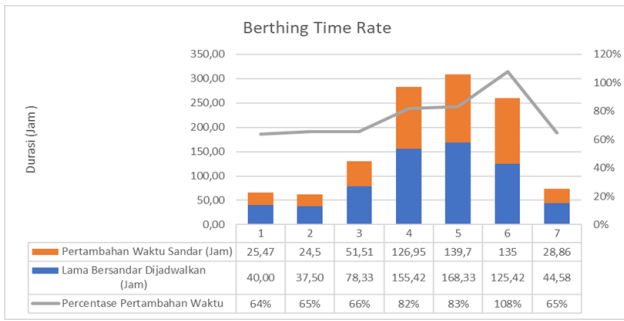
Sebagai negara kepulauan dan negara maritim dengan garis pantai yang panjang, Indonesia memiliki potensi besar dalam menghubungkan alur lalu lintas laut dari benua timur ke barat. Salah satu aspek penting dalam mendukung konektivitas ini adalah melalui pelabuhan-pelabuhan di Indonesia. Salah satu contoh pelabuhan yang berperan dalam mengelola aktivitas bongkar muat barang di Indonesia adalah Pelabuhan PT.ABC. Pelabuhan PT.ABC adalah perusahaan yang mengelola jetty untuk kepentingan umum. Mereka memiliki terminal utama dengan 8 kapasitas slot dermaga. Setiap dermaga mampu melayani 8 kapal sekaligus untuk melakukan proses bongkar muatan kapal yang akan dimuat ke truk transporter dan didistribusikan ke agen transporter. Namun, proses kedatangan truk di PT.ABC melibatkan banyak aktivitas seperti pengecekan surat jalan dan muatan truk. Aktivitas ini saling terkait, dan masalah dalam salah satu aktivitas dapat memengaruhi seluruh proses. Masalah ini seringkali mengakibatkan antrian yang panjang dan keterlambatan dalam membongkar muatan kapal ke truk.

Untuk mengatasi masalah ini, PT.ABC telah memperkenalkan sistem penjadwalan yang terkoordinasi. Mereka menggunakan teknologi digital, seperti kartu yang dapat dipindai (Tapping), untuk mengkonfirmasi kedatangan truk. Selain itu, mereka memiliki seorang planner

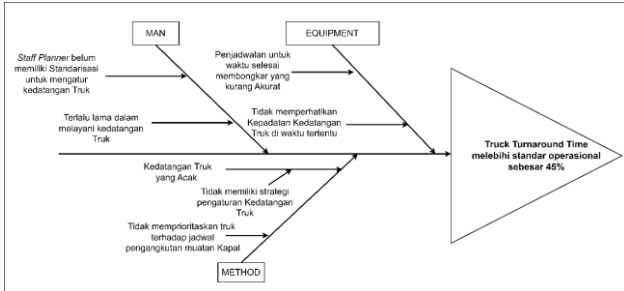


Gambar 1. Waktu Proses aktifitas berlebih

yang bertugas menyusun jadwal kedatangan kapal, mengkonfirmasi muatan yang akan dibongkar, mempersiapkan dermaga, dan menyiapkan truk yang dibutuhkan. Namun, terkadang truk masih terlambat datang, mengakibatkan kapal harus menunggu lebih lama di dermaga. Selisih antara muatan yang dijadwalkan dengan yang sebenarnya



Gambar 2. Pertambahan Waktu sandar kapal



Gambar 3. Fishbone Diagram

dapat mengakibatkan biaya denda (demurrage cost) bagi PT.ABC. Terkadang, truk tidak cukup untuk memenuhi muatan kapal, sehingga kapal harus menunggu lebih lama.

Faktor-faktor seperti pola acak kedatangan truk, kepadatan truk, dan antrian yang panjang dapat mempengaruhi proses di pelabuhan. Salah satu solusi adalah menggunakan Truck Appointment System (TAS) untuk mengatur pola kedatangan truk. Dengan TAS, prioritas truk dapat diatur sesuai dengan shift yang berlangsung, dan kapasitas truk dalam pelabuhan dapat dioptimalkan.

Analisis faktor yang menyebabkan terjadinya meningkatkan biaya transportasi digambarkan dengan diagram tulang ikan berikut:

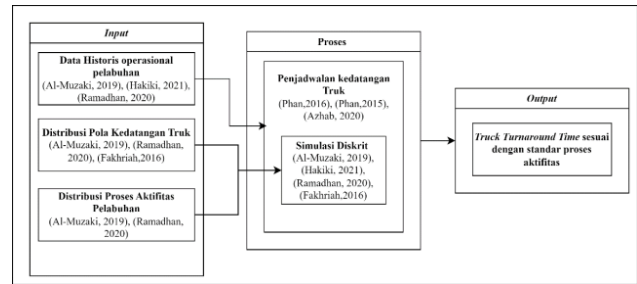
## Tinjauan Pustaka

### Pelabuhan

Pelabuhan, sesuai dengan Undang-Undang No. 17 Tahun 2008 tentang pelayaran, adalah tempat untuk kapal bersandar, penumpang naik turun, dan bongkar muat barang. Fungsi pelabuhan mencakup bongkar muat, tempat persinggahan kapal, pusat distribusi dan pergudangan, serta pusat pelayanan dan administrasi. Faktor-faktor yang memengaruhi pelabuhan termasuk lokasi geografis, infrastruktur, ketersediaan lahan, dan faktor lingkungan. Pelabuhan juga memiliki peran ekonomi yang signifikan dalam meningkatkan perdagangan dan pendapatan daerah. [1]

### Simulasi Diskrit

Simulasi diskrit adalah metode yang menggunakan model matematis atau komputer untuk mereplikasi sistem nyata dengan membagi waktu menjadi langkah-langkah waktu diskrit. Tujuannya adalah memahami, menganalisis, atau memprediksi kinerja sistem dalam berbagai situasi di mana pengamatan langsung sulit atau terlalu mahal. Konsep utama dalam simulasi diskrit melibatkan waktu diskrit, peristiwa sebagai pemicu perubahan sistem, penggunaan antrian untuk mengatur peristiwa, variabel acak untuk menggambarkan ketidakpastian, dan sistem



Gambar 4. (Kerangka Berpikir)

simulasi sebagai model matematis. Validasi dan verifikasi penting untuk memastikan model simulasi yang andal, dan eksperimen dapat dilakukan untuk menguji berbagai skenario dalam sistem yang kompleks. [2] [3]

### Penjadwalan Kedatangan

Penjadwalan kedatangan adalah sistem yang digunakan di pelabuhan untuk mengatur jadwal kedatangan dan keberangkatan truk dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan infrastruktur pelabuhan. Dengan penjadwalan, pengguna dapat merencanakan kedatangan truk mereka dalam periode waktu tertentu, menghindari antrean, dan memaksimalkan penggunaan fasilitas pelabuhan. Sistem ini memiliki beberapa tujuan utama, seperti mengoptimalkan pemanfaatan infrastruktur pelabuhan, mengurangi antrean truk, dan meningkatkan efisiensi operasional. Dengan mengalokasikan slot waktu yang sesuai, penjadwalan membantu menghindari kelebihan kapasitas di pelabuhan dan memastikan proses yang lebih lancar. Hal ini berpotensi mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kepuasan pengguna pelabuhan. [4]

## Metodologi Penelitian

Metode pada penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap berdasarkan metode perancangan pada gambar 4.

## Hasil dan Pembahasan

### Analisis Waktu Antar kedatangan

Untuk mencari nilai BKA dan BKB dapat ditung dengan perhitungan berikut, pertama-tama dengan menghitung standar deviasi dan didapati nilai standar deviasi sebesar  $1,98 \approx 2$  dan nilai rata-rata dari tiap replikasi sebesar 36 menit dari rata-rata tiap nilai replikasi. Dan untuk mencari nilai BKA:

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma_{\bar{x}}$$

$$16 + 3(1)$$

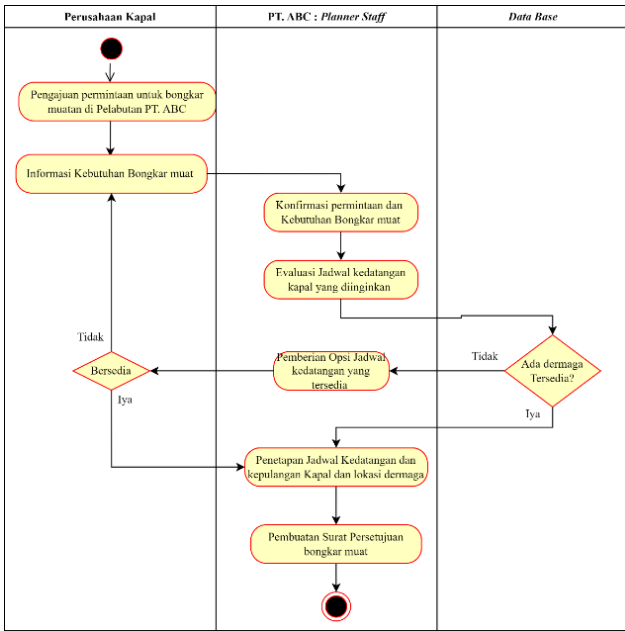
$$19 \text{ menit}$$

Dan untuk mencari nilai BKB didapati hasil sebagai berikut:

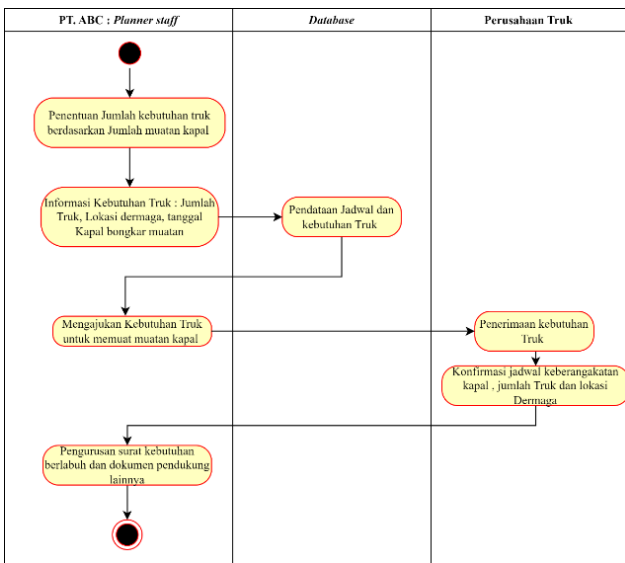
$$BKB = \bar{x} - 3\sigma_{\bar{x}}$$

$$16 - 3(1)$$

$$13 \text{ menit}$$



Gambar 5. Activity Diagram Kedatangan Kapal



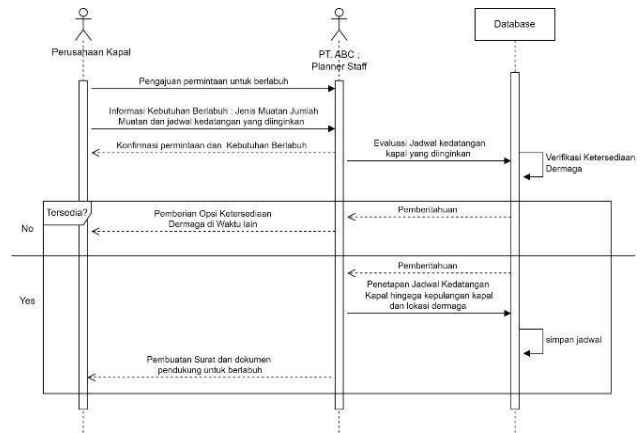
Gambar 6. Activity Diagram Kedatangan Truk

**Analisis Output dari nilai Input Waktu antar kedatangan dan jumlah perkedatangan**

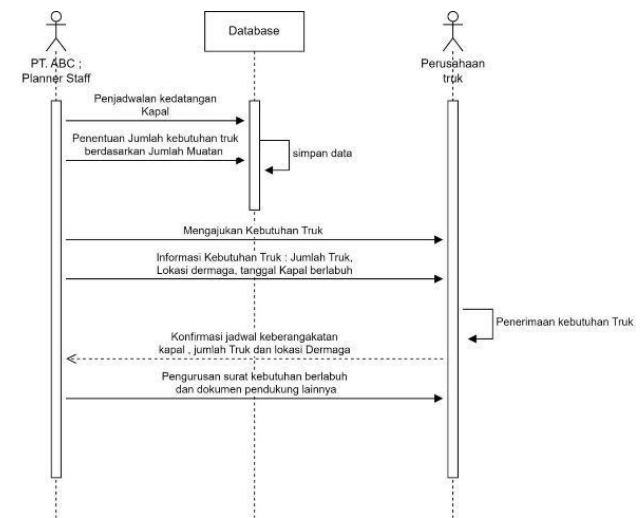
Dari menentukan nilai input maka diketahui nilai untuk melakukan optimasi, dan setelah dilakukan terdapat beberapa alternatif solusi yaitu 3 jarak waktu kedatangan terbaik dengan masing-masing 5 opsi jumlah kedatangan waktu. Optimasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan metaheuristic salah satunya yaitu Algoritma Genetika

**Analisis Signifikansi hasil simulasi**

Karena angka 0 (nol) tidak terletak dalam rentang  $\mu_1 - \mu_2$ , dapat disimpulkan bahwa  $\mu_1 \neq \mu_2$  dan hipotesis nol (Ho) dapat disangkal. Ini mengindikasikan bahwa pada tingkat kepercayaan 95%, terdapat perbedaan yang signifikan antara model simulasi dan sistem nyata.



Gambar 7. Sequence Diagram Kedatangan Kapal

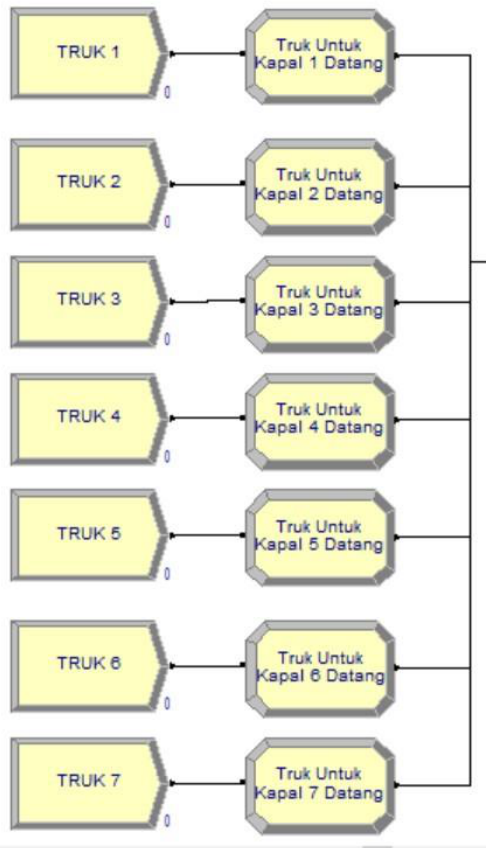


Gambar 8. Sequence Diagram Kedatangan Truk

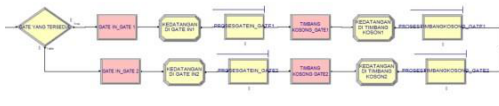
Table 1. Output dari nilai Input Waktu antar kedatangan dan jumlah perkedatangan

Jarak Antar Kedatangan	Jumlah Perkedatangan
	2 Truk
	3 Truk
	4 Truk
	5 Truk
	6 Truk
13 menit	7 Truk
	8 Truk
	9 Truk
	10 Truk
	11 Truk

Alasan memilih nilai Truck Turnaround Time yang lebih tinggi, yaitu 33 menit untuk kedatangan 30 truk, dibandingkan dengan opsi nilai yang lebih kecil adalah karena hasil dari simulasi menunjukkan bahwa semakin besar waktu antar kedatangan truk, maka waktu berlabuh



Gambar 9. Model Proses Aktifitas Awal Kedatangan Truk



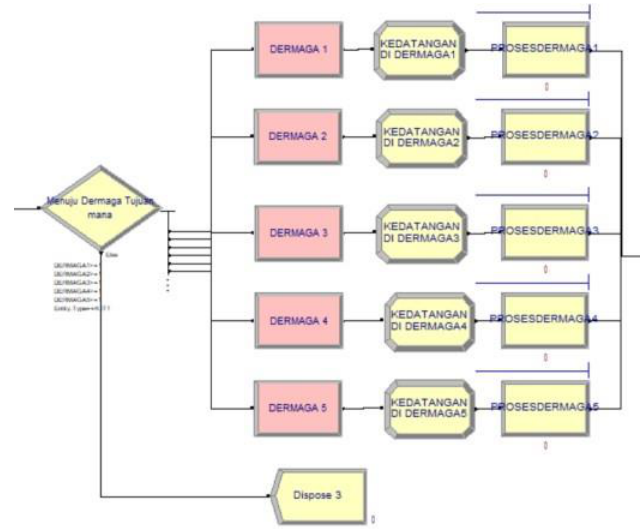
Gambar 10. Model Proses Aktifitas Kedatangan Truk

kapal akan semakin lama. Di sisi lain, jika waktu antar kedatangan terlalu kecil, maka akan terbentuk kesenjangan waktu yang besar antara kedatangan truk, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan tidak terpenuhinya kapasitas dermaga atau kurang efisiennya proses aktivitas dalam melayani kedatangan truk.

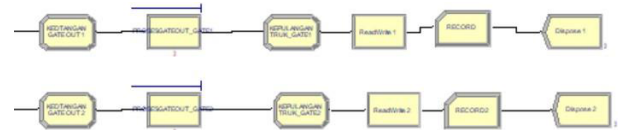
Dengan mengadopsi waktu kedatangan truk sebesar 33 menit untuk 30 truk, hasil simulasi menunjukkan bahwa Truck Turnaround Time mencapai 58 menit. Hasil ini memperlihatkan bahwa waktu tersebut memiliki nilai yang paling optimal setelah melalui serangkaian replikasi sebanyak 6 kali untuk mengukur kebutuhan replikasi yang tepat. Dengan demikian, pilihan ini dapat dianggap sebagai alternatif yang paling efisien dan efektif dalam mengatur penjadwalan kedatangan truk untuk meminimalkan waktu turnaround truk di pelabuhan.

**Kesimpulan**

Adanya peningkatan Truck Turnaround Time melebihi standar operasional akibat tidak adanya jadwal yang teratur untuk kedatangan truk. Kedatangan truk yang tidak terjadwal dan datang dengan interval acak menyebabkan keterlambatan dalam proses. Dari hasil simulasi didapatkan alternatif skenario penjadwalan kedatangan truk dalam batch



Gambar 11. Model Proses Aktifitas Muat Truk



Gambar 12. Model Proses Akhir Kepulangan Truk

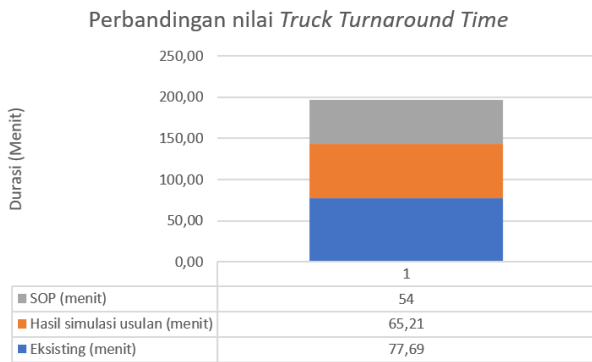
t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	Persentase Truk Turnaround Time Berlebih (Eksisting)	Persentase Truk Turnaround Time Berlebih (Simulasi)
Mean	1,114884783	1,101705797
Variance	0,00117418	0,00133946
Observations	5	6
Pooled Variance	0,001266003	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	9	
t Stat	0,611686621	
P(T<=t) one-tail	0,277939757	
t Critical one-tail	1,833112933	
P(T<=t) two-tail	0,555879513	
t Critical two-tail	2,262157163	

Gambar 13. T-test, Verifikasi dan validasi

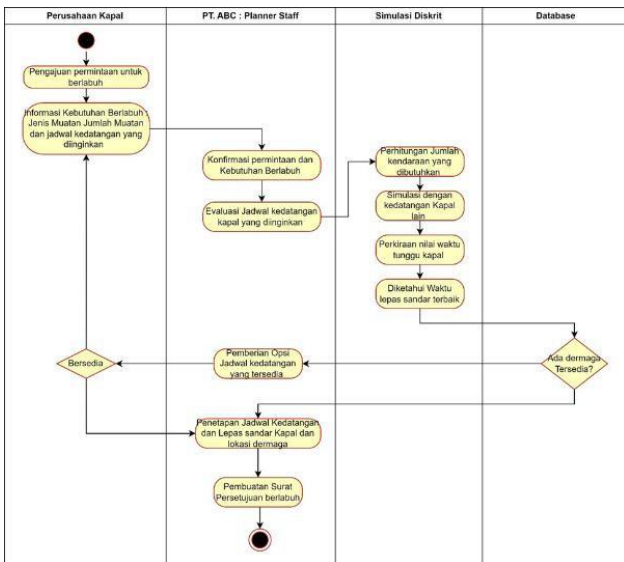
dengan interval 13 menit, di mana setiap batch akan terdiri dari 4 truk. Hasil dari skenario ini menunjukkan penurunan signifikan dalam Truck Turnaround Time, dari sebelumnya melebihi standar sebesar 49% menjadi hanya 20,76%. Dengan penjadwalan ini, nilai Truck Turnaround Time dapat berkurang hingga sekitar 28,24%.



Gambar 14. Analisis Signifikansi hasil simulasi



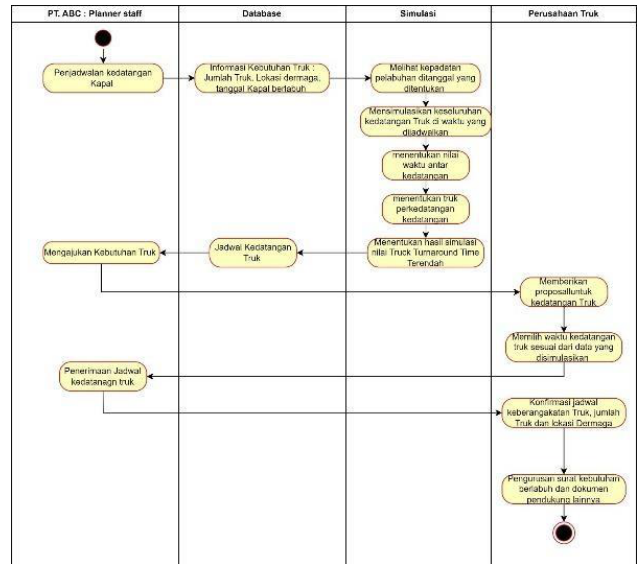
Gambar 15. Analisis Signifikansi hasil simulasi



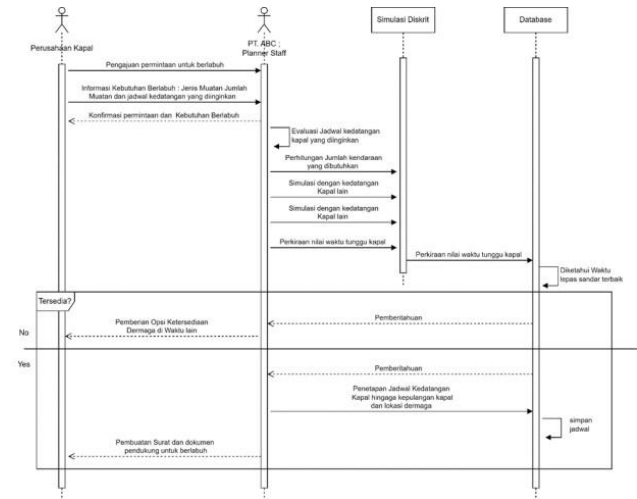
Gambar 16. Activity Diagram Kedatangan Kapal Usulan

## Daftar Pustaka

1. Triatmodjo. Perencanaan Pelabuhan; 2010.
2. Averill M. Simulation Modeling and Analysis; 2015.
3. Wijaya H, Ridwan AY, Setyawan EB. Designing Simulation Model for Minimizing Coal Train. Bandung: IOP Publishing; 2022.

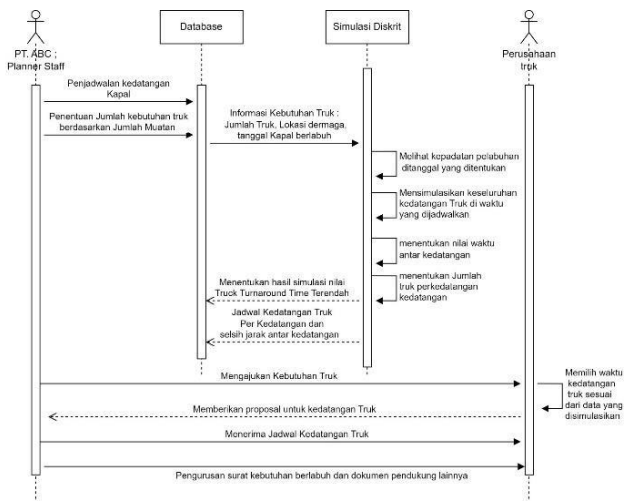


Gambar 17. Activity Diagram Kedatangan Truk Usulan



Gambar 18. Sequence Diagram Kedatangan Kapal Usulan

4. Phan MH, Kim KH. Collaborative Truck Scheduling and Appointment for Trucking Companies and Container Terminal. 2016.



Gambar 19. Sequence Diagram Kedadangan Truk Usulan