

Simulasi-Optimasi Sistem Transportasi Penentuan Kebutuhan Truk Tangki Pada Proses Distribusi BBM: Studi Kasus TBBM Plumpang

Rahmad Inca Liperda^{1*}, Ismara Khubby Hardianti¹, Intan Nur Widyah¹, Ayunda Rahmadini¹, Nia Azi Fadjri¹, Rifqi Rahmadanti Agustin¹

Teknik Logistik, Universitas Pertamina, Jalan Teuku Nyak Arief, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta, 12220, Indonesia.

*E-mail: iwidyah@gmail.com

ABSTRAK

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting bagi masyarakat, salah satunya yaitu sebagai bahan bakar kendaraan. Pemerintah melalui PT Pertamina (Persero) memiliki peran penting untuk mengatur kegiatan operasional dan ketersediaan BBM bagi masyarakat. Adanya fluktuasi permintaan BBM akan mempengaruhi jumlah kebutuhan truk tangki yang digunakan untuk mendistribusikan BBM ke masing-masing Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Penelitian ini menggunakan model simulasi-optimasi untuk merancang dan mengembangkan model proses distribusi BBM dari TBBM Plumpang ke SPBU COCO di DKI Jakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan model simulasi-optimasi untuk menentukan kebutuhan truk tangki yang optimal pada proses pendistribusian BBM dengan menggunakan *software* simulasi Promodel. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai utilitas truk tangki pada kondisi saat ini adalah sebesar 11.49%. Setelah dilakukan simulasi-optimasi didapatkan hasil jumlah mobil tangki yang diusulkan sebanyak 5 unit dengan peningkatan utilitas kendaraan sebesar 48.27%. Terdapat penurunan waktu *idle* sebesar 86.82% dari kondisi saat ini dan rata-rata waktu penggunaan kendaraan per hari menjadi 0.42 hari lebih singkat daripada kondisi saat ini.

Kata kunci: BBM, Distribusi, Simulasi, Optimasi.

ABSTRACT

Fuels are essential service that play a significant role in societies, including vehicle fuels. Indonesian government through PT Pertamina (Persero) has an authority to manage operational activities as well as fuel availability. Fluctuation in the fuel demand affects the need for tanker trucks to distribute the fuel to gas stations. This research attempts to design a simulation-optimization model in order to develop the operational process of fuel distribution from TBBM Plumpang to SPBU COCO in capital region of Jakarta. The aim of this research is to determine the optimal number of the required trucks for distribution process using simulation software ProModel. The results show that existing utilization of tanker trucks is 11.49%. The proposed model using 5 units of tanker trucks results in the increment of vehicle utilities by 48.27%. Meanwhile, the idle time decreased by 86.82% from existing system with average daily utilities become 0.42 day shorter than existing system.

Keywords: Fuel, Distribution, Simulation, Optimization

1. PENDAHULUAN

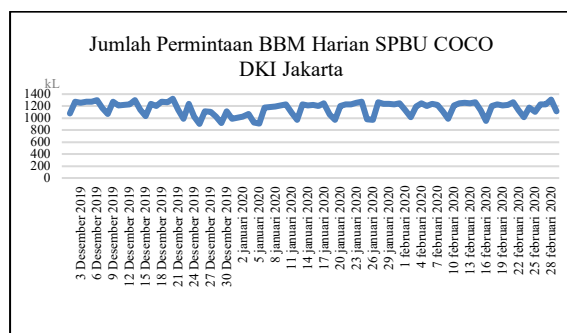
Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan jenis bahan bakar yang dihasilkan dari pengilangan minyak mentah (*crude oil*). BBM adalah salah satu bahan bakar kendaraan yang sangat penting. Adanya pertumbuhan ekonomi nasional Indonesia yang meningkat menyebabkan pemakaian BBM akan terus meningkat. Adapun kebutuhan BBM Indonesia pada tahun 2025 diperkirakan akan

meningkat sebesar 134% dibandingkan dengan tahun 2010 (Risdayanti, 2012). Hal tersebut dikarenakan semakin berkembang ekonomi suatu negara, semakin banyak pula kegiatan distribusi yang dilakukan. Sehingga dapat mengakibatkan peningkatan penggunaan BBM.

Dalam hal ini pemerintah melalui PT Pertamina (Persero) memiliki peran penting

untuk mengatur kegiatan operasional dan ketersediaan BBM bagi masyarakat. Saat ini, PT. Pertamina Retail memiliki 31 SPBU COCO di DKI Jakarta. SPBU COCO (*Corporate Owner Corporate Operate*) merupakan salah satu SPBU yang dimiliki oleh PT. Pertamina (Persero) yang dikelola oleh PT. Pertamina Retail. PT. Pertamina Retail merupakan anak perusahaan dari PT. Pertamina (Persero). Proses pendistribusian BBM dilakukan melalui dua sektor, yaitu sektor hulu dan hilir. TBBM Plumpang merupakan sektor hilir dimana TBBM Plumpang sebagai tempat penyimpanan dan pengolahan BBM sebelum dikirimkan ke SPBU. Pengiriman BBM dilakukan setiap hari berdasarkan banyaknya permintaan harian BBM SPBU COCO DKI Jakarta.

Jumlah permintaan BBM harian SPBU COCO DKI Jakarta dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Jumlah permintaan BBM harian SPBU COCO DKI Jakarta 3 Desember 2019 – 28 Februari 2020

Pada jumlah permintaan BBM SPBU COCO DKI Jakarta, terdapat fluktuasi permintaan yang mengidentifikasi adanya ketidakpastian pada proses distribusi BBM dari TBBM Plumpang ke SPBU COCO DKI Jakarta. Dalam hal ini, sangatlah penting bagi PT. Pertamina (Persero) untuk memastikan kebutuhan harian BBM dari setiap SPBU COCO DKI Jakarta dapat terpenuhi. Salah satu proses penting dalam pendistribusian BBM adalah tahapan pengisian BBM ke dalam truk tangki sesuai dengan permintaan BBM yang dibutuhkan oleh setiap SPBU. Pada tahap tersebut terdapat penyesuaian antara jumlah permintaan BBM dengan kapasitas truk tangki yang digunakan. Fluktuasi permintaan BBM dapat mempengaruhi jumlah kebutuhan truk

tangki. Sehingga dalam penentuan jumlah truk tangki perlu diperhatikan jumlah kebutuhan truk tangki optimal yang digunakan untuk memenuhi permintaan harian SPBU COCO DKI Jakarta.

Dari permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan model simulasi-optimasi. Simulasi dilakukan untuk menggambarkan sistem nyata dan melakukan evaluasi atau perbaikan terhadap sistem nyata jika diperlukan. Sedangkan Optimasi digunakan untuk menentukan jumlah truk tangki optimal yang harus tersedia.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan kebutuhan Truk Tangki optimal pada distribusi BBM dari TBBM Plumpang ke SPBU COCO DKI Jakarta dengan membandingkan kinerja sistem eksisting dengan hasil simulasi-optimasi.

Guna mencapai tujuan penelitian, penulisan karya terbagi menjadi lima bagian, diantaranya adalah pendahuluan yang memuat identifikasi masalah, tinjauan pustaka yang digunakan, metodologi penelitian, pengolahan data menggunakan Promodel 10.6.36, dan pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem transportasi merupakan suatu sistem untuk memindahkan orang atau barang yang terdiri dari tiga komponen yaitu Kendaraan (peralatan), *guideway* (apa yang dilalui kendaraan) dan rencana operasi (prosedur lalu lintas) (Kurnia et al., 2020).

Simulasi adalah pemodelan untuk menyerupai bentuk system nyata berdasarkan kejadian-kejadian yang berlangsung dari waktu ke waktu (R.C. Harrell, 2004). Simulasi diskrit merupakan pemodelan suatu sistem berkembang menyesuaikan perubahan variabel tertentu pada suatu kondisi tertentu. Pendekatan dengan menggunakan simulasi diskrit sesuai dengan permasalahan yang berkaitan dengan sistem yang memiliki tahapan waktu tertentu. Keunggulan dari simulasi diskrit yaitu dapat memodelkan waktu tunggu yang tidak diketahui secara jelas seberapa lama dibutuhkan entitas dalam suatu sistem. Seperti halnya pada sistem pengisian BBM pada sebuah SPBU dimana entitas

berupa kendaraan membutuhkan waktu tunggu yang berbeda pada masing-masing entitas (Simulasi & Aplikasi, 1984).

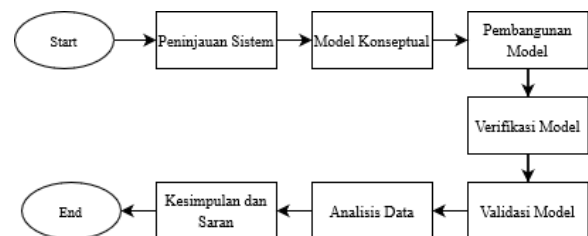
Simulasi-optimasi merupakan bentuk model yang mencari dan mengambil keputusan dari hasil percobaan yang telah dilakukan dengan melakukan verifikasi, validasi, dan analisis data suatu model serta membandingkan keadaan nyatanya sehingga menemukan keadaan optimal dan jawaban terbaik dari fungsi tujuan yang ditetapkan (Suprianto et al., 2018). Simulasi-optimasi memberikan alternatif keputusan dalam menentukan titik maksimum maupun minimum untuk mendapatkan hasil yang optimum sebagai alternatif terbaik (Riyanto, 2012). Pada simulasi menggunakan ProModel, simulasi-optimasi dilakukan dengan menggunakan *SimRunner*. *SimRunner* berfungsi untuk membantu pengoptimalan model lanjutan untuk menemukan solusi yang lebih baik daripada model simulasi yang dibuat sebelumnya (R.C. Harrell, 2004).

Pada penelitian terdahulu, metode simulasi telah banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan distribusi BBM. Penelitian yang dilakukan oleh (Pitombeirano & Rolim, 2017) menggunakan metode simulasi untuk menyelesaikan permasalahan *loading operations* pada Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM). Pada penelitian tersebut didapatkan simulasi distribusi dari fluktuasi jumlah permintaan BBM serta kebijakan antrian baru untuk mengurangi *equipment idleness*. Pada penelitian yang dilakukan (Yonathan et al., 2020) menggunakan metode simulasi dengan *software* ProModel untuk menyelesaikan permasalahan distribusi BBM dari TBBM ke SPBU di wilayah Jakarta Utara & Kepulauan Seribu dengan menggunakan *Autonomous Truck*. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nor et al., 2017) menggunakan metode simulasi dengan menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem (VRP)* dan *Clustering Locations* untuk meminimasi *travelling time*. Akan tetapi dari beberapa penelitian tersebut, belum terdapat penelitian yang menggunakan metode simulasi-optimasi untuk mengoptimalkan kebutuhan jumlah truk tangki yang digunakan dalam proses distribusi

BBM.

3. METODE PENELITIAN

Dalam perancangan sistem transportasi penentuan kebutuhan truk tangki pada proses distribusi BBM dari TTBM Plumpang ke SPBU COCO DKI Jakarta digunakan metode simulasi-optimasi dengan bantuan ProModel 10.6.36. Pada proses perancangan sistem dimulai dengan melakukan peninjauan sistem, pembangunan model berdasarkan model konseptual kemudian dilakukan verifikasi dan validasi model. Model simulasi yang telah tervalidasi akan dikembangkan ke beberapa skenario untuk mengoptimalkan sistem nyata. Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

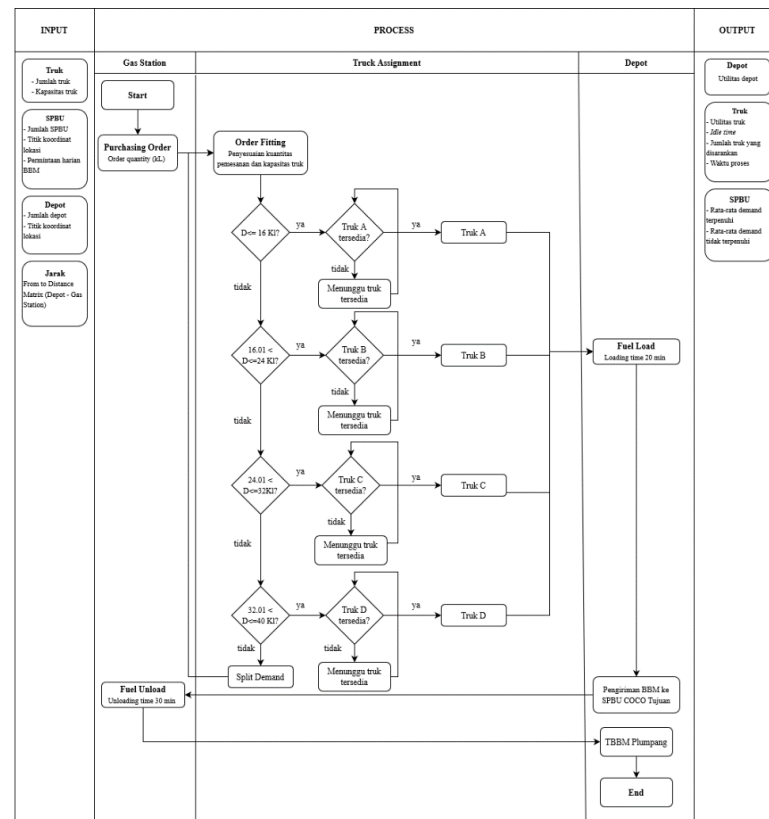
Daftar pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Pengumpulan Data

No	Pengumpulan Data
1	Data permintaan harian BBM
2	Jumlah truk tangki
3	Kapasitas truk tangki
4	Titik koordinat SPBU COCO DKI Jakarta
5	Waktu <i>loading</i> dan <i>unloading</i>

B. Model Konseptual

Model konseptual menjelaskan hubungan antara *Input*, *Proses*, dan *Output* dari penelitian. Model konseptual dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 3. Model Konseptual

Model konseptual dari simulasi dimulai dengan masuknya entitas ke dalam sistem, yaitu permintaan BBM masing-masing SPBU COCO DKI Jakarta. Kemudian dilakukan *order fitting* yaitu penyesuaian jumlah permintaan BBM dengan kapasitas truk tangki yang digunakan. Pada proses *order fitting*, dilakukan *split demand* jika permintaan BBM tidak sesuai dengan kapasitas truk tangki yang tersedia. Setelah melakukan *order fitting*, BBM akan dimuat ke dalam truk tangki untuk kemudian dikirimkan ke SPBU tujuan. Truk tangki akan kembali lagi ke TBBM Plumpang setelah melakukan pengiriman BBM.

C. Pengolahan Data

Pada pengolahan data dilakukan *distribution fitting* terhadap data permintaan BBM harian SPBU COCO DKI Jakarta. Hasil dari *distribution fitting* akan digunakan sebagai data input pada tahap pembangunan model. *Distribution fitting* dilakukan dengan menggunakan Stat:fit dan *User distribution* pada software ProModel.

Distribution fitting digunakan untuk menentukan distribusi yang sesuai untuk data permintaan BBM yang akan digunakan dalam simulasi.

Hasil *distribution fitting* permintaan BBM dari masing-masing SPBU COCO DKI Jakarta dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Lokasi SPBU dan TBBM

No	Lokasi	Longitude	Latitude	Distribution Fitting	No	Lokasi	Longitude	Latitude	Distribution Fitting
1	TBBM Plumpang	106.89367	-6.1351	-	17	Klender	106.9002	-6.21235	Binomial(34, 0.797)
2	Abdul Muis	106.81866	-6.17831	User_Distribution()	18	Kuningan	106.8336	-6.22865	User_Distribution()
3	Cakung	106.93432	-6.18205	Binomial(154, 0.271)	19	Lenteng Agung	106.8367	-6.31833	Binomial(50, 0.77)
4	Cikini	106.84026	-6.19614	User_Distribution()	20	Mangga Besar	106.8309	-6.14827	Binomial(50, 0.549)
5	Cililitan	106.86756	-6.26017	Binomial(69, 0.652)	21	Meruya	106.7516	-6.19737	Binomial(38, 0.689)
6	Daan Mogot	106.78736	-6.16626	Binomial(77, 0.694)	22	MT Haryono	106.8677	-6.22089	Binomial(258, 0.263)
7	Daan Mogot II	106.76618	-6.15839	Binomial(47, 0.669)	23	Otista	106.8677	-6.23118	Binomial(54, 0.598)

8	Fatmawati	106.79728	-6.27214	Binomial(21, 0.786)	24	Kelapa Gading	106.9166	-6.14855	Binomial(34, 0.878)
9	Fatmawati II	106.79786	-6.27224	Binomial(40, 0.814)	25	Permata Hijau	106.7906	-6.22146	Binomial(64, 0.549)
10	Gandaria	106.86573	-6.34935	Binomial(24, 0.609)	26	Pondok Indah	106.7821	-6.25943	Binomial(44, 0.699)
11	Gandaria City	106.78814	-6.2443	User_Distribution()	27	Pramuka	106.864	-6.19332	Binomial(57, 0.882)
12	Industri	106.83841	-6.14901	Poisson(42.8)	28	Pulogadung	106.8935	-6.21082	User_Distribution()
13	Kalideres	106.71128	-6.15519	Binomial(45, 0.774)	29	Puri Kembangan	106.7483	-6.17874	Binomial(53, 0.683)
14	Kalimalang	106.91796	-6.24767	Binomial(40, 0.812)	30	Samanhudi	106.8352	-6.16052	Binomial(166, 0.213)
15	Kedoya	106.76188	-6.18883	Binomial(46, 0.559)	31	S. Parman	106.7971	-6.19424	Binomial(103, 0.315)
16	Kemang	106.81881	-6.2734	Poisson(31)	32	Tendean	106.8262	-6.23976	User_Distribution()

D. Pembangunan Model

Pada penelitian ini digunakan *software* ProModel untuk melakukan simulasi sistem nyata. Terdapat beberapa elemen pada ProModel seperti *locations, entities, resources, path networks, attribute, arrival, processing, variables* dan lain sebagainya. Adapun berikut merupakan penjelasan dari setiap elemen yang digunakan untuk membangun model simulasi proses distribusi BBM dari TBBM Plumpang ke SPBU COCO DKI Jakarta di ProModel.

1. Locations

Locations merupakan lokasi yang digunakan untuk memproses suatu entitas. Lokasi yang digunakan adalah TBBM Plumpang dan SPBU COCO DKI Jakarta. Pembangunan elemen *locations* pada ProModel dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Icon	Name	Cap.	Units	Dts...	Stats	Rules...
	TBBM_Plumpang	INF	1	None	Time Series	Oldest
	SPBU_Abdul_Muis	1	1	None	Time Series	Oldest
	SPBU_Cakung	1	1	None	Time Series	Oldest
	SPBU_Cikini	1	1	None	Time Series	Oldest
	SPBU_Cililitan	1	1	None	Time Series	Oldest

Gambar 4. *Locations*

2. Entities





Entities merupakan segala sesuatu yang diproses pada suatu sistem. Terdapat 2 jenis entitas yang digunakan adalah *entity* permintaan dan *entity* kapasitas truk tangki masing-masing SPBU COCO DKI Jakarta yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Icon	Name	Speed (mpm)	Stats
	Demand_SPBU_Abdul_Muis	150	Time Series
	Demand_SPBU_Cakung	150	Time Series
	Demand_SPBU_Cikini	150	Time Series
	Demand_SPBU_Cililitan	150	Time Series

Gambar 5. *Entities*

3. Resources

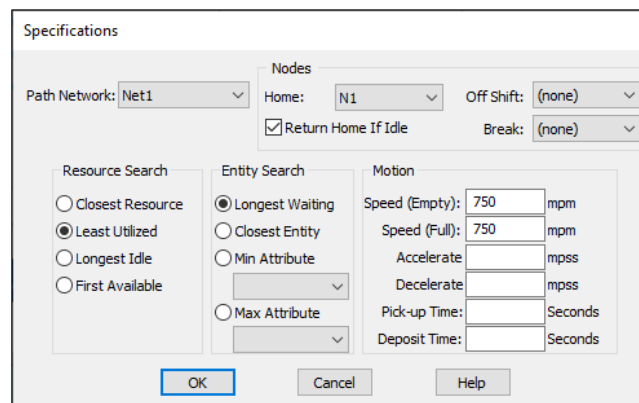
Resources merupakan sumber daya yang digunakan untuk memproses suatu *entities*. *Resources* yang digunakan adalah truk tangki dengan total 31 unit yang terdiri dari 1 unit Truk A, 12 unit Truk B, 14 unit Truk C, dan 4 unit Truk D. Adapun Pembangunan elemen *resources* pada ProModel dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Icon	Name	Units	DTS...	Stats
	Truk_A	qty_truk_a	None	By Unit, Time Series
	Truk_B	qty_truk_b	None	By Unit, Time Series
	Truk_C	qty_truk_c	None	By Unit, Time Series
	Truk_D	qty_truk_d	None	By Unit, Time Series

Gambar 6. Resources

Specs...	Search...	Logic...	Pts...
Net1, N1, Rtn Home	None	0	1
Net1, N1, Rtn Home	None	0	1
Net1, N1, Rtn Home	None	0	1
Net1, N1, Rtn Home	None	0	1


Gambar 6. Resources (Lanjutan)



Gambar 7. Spesifikasi Resources

4. Paths Networks

Path network merupakan jalur yang ditempuh oleh *resource*. Terdapat 31 *paths* yang menggambarkan pengiriman BBM dari TBBM Plumpang ke masing-masing SPBU COCO DKI Jakarta dimana setiap truk tangki akan berpindah dari TBBM ke SPBU. Pembangunan elemen *path networks* dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Graphic...	Name	Type	T/S
	Net1	Passing	Speed & Distance

Gambar 8. Path Networks

Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
31	32	31	32

Gambar 8. Path Networks (Lanjutan)

5. Attribute

Atribut ditetapkan pada masing-masing *logic* pada *arrival*. Atribut dalam *logic* ditetapkan sama dengan *distribution fitting* untuk masing-masing SPBU dengan rincian seperti pada **Gambar 9**.

ID	Type	Classification
Att_Abdul_Muis	Integer	Ent
att_cakung	Integer	Ent
att_cikini	Integer	Ent
att_cililitan	Integer	Ent

Gambar 9. Attribute

6. Arrival

Arrival dimulai ketika entitas permintaan BBM masing-masing SPBU COCO DKI Jakarta datang di TBBM Plumpang. Pada tahap ini hasil dari *distribution fitting* akan di *input* pada *logic*. Spesifikasi *Arrival* dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...
Demand_SPBU_Abdul_Muis	TBBM_Plumpang	1	0
Demand_SPBU_Cakung	TBBM_Plumpang	1	0
Demand_SPBU_Cikini	TBBM_Plumpang	1	0
Demand_SPBU_Cililitan	TBBM_Plumpang	1	0

Gambar 10. Arrival

Occurrences	Frequency	Logic...	Disable
1	0	Att_Abdul_Muis = Dist_Abdul_Muis()	No
1	0	att_cakung = B(154, 0.271)	No
1	0	att_cikini = Dist_Cikini()	No
1	0	att_cililitan = B(69, 0.652)	No

Gambar 10. Arrival (Lanjutan)

7. Processing

Processing digunakan untuk menjelaskan bagaimana entitas dan *resources* berpindah dari TBBM Plumpang menuju SPBU COCO DKI Jakarta. Proses pada penelitian ini yaitu dimulai dengan *arrival* atau permintaan datang ke TBBM Plumpang kemudian dilakukan *splitting* permintaan untuk memilih truk tangki yang akan digunakan. Setelah itu permintaan di muat 20 menit dan dikirimkan ke masing-masing SPBU COCO DKI Jakarta. Truk tangki kosong akan kembali lagi ke TBBM Plumpang setelah selesai *unloading* permintaan selama 30 menit pada SPBU COCO tujuan. Pembangunan elemen *processing* dan *routing* pada ProModel dapat dilihat pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**.

Entity...	Location...	Operation...
Demand_SPBU_Abdul_Muis	TBBM_Plumpang	Var_Abdul_Muis = Att_Abdul_Muisif att_Abdul_Muis <= 16 Then R
Demand_SPBU_Abdul_Muis	SPBU_Abdul_Muis	Unload 1 Wait 30 min
Capacity_Truk_SPBU_Abdul_Muis	TBBM_Plumpang	
Demand_SPBU_Cakung	TBBM_Plumpang	Var_Cakung = att_cakungif att_cakung <= 16 Then Route 1else If ε
Demand_SPBU_Cakung	SPBU_Cakung	Unload 1 Wait 30 min
Capacity_Truk_SPBU_Cakung	TBBM_Plumpang	
Demand_SPBU_Cikini	TBBM_Plumpang	Var_Cikini = att_cikiniif att_cikini <= 16 Then Route 1else If att_cikir
Demand_SPBU_Cikini	SPBU_Cikini	Unload 1 Wait 30 min

Gambar 11. Processing

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Demand_SPBU_Abdul_Muis	SPBU_Abdul_Muis	FIRST 1	Move With Truk_A Then free
2	Demand_SPBU_Abdul_Muis	SPBU_Abdul_Muis	FIRST 1	Move With Truk_B Then free
3	Demand_SPBU_Abdul_Muis	SPBU_Abdul_Muis	FIRST 1	Move With Truk_C Then Free
4	Demand_SPBU_Abdul_Muis	SPBU_Abdul_Muis	FIRST 1	Move With Truk_D Then Free
5	Demand_SPBU_Abdul_Muis	SPBU_Abdul_Muis	FIRST 1	Int xx = 40Send x Demand_SPBU_Abd
	Demand_SPBU_Abdul_Muis	SPBU_Abdul_Muis	DEPENDENT	Int xx = Att_Abdul_Muis-40Send x Der

Gambar 12. Routing

8. Variables

Variabel digunakan untuk menyimpan data jumlah permintaan BBM yang telah diolah di setiap SPBU. Adapun spesifikasi dari elemen *variables* dapat dilihat pada **Gambar 13**.

Icon	ID
Yes	Var_Abdul_Muis
Yes	Var_Cakung
Yes	Var_Cikini
Yes	Var_Cililitan

Gambar 73. Variables

Type	Initial value	Stats
Integer	0	Time Series, Time
Integer	0	Time Series, Time
Integer	0	Time Series, Time
Integer	0	Time Series, Time

Gambar 83. Variables (lanjutan)

9. Macros

Macros digunakan untuk menyatakan total kebutuhan truk tangki pada masing-masing kapasitas. Macros juga digunakan sebagai parameter model yang akan digunakan dalam eksperimen skenario. Spesifikasi Macros dapat dilihat pada Gambar 14.

ID	Text...	Options
qty_truk_a	1	Scenario
qty_truk_b	12	Scenario
qty_truk_c	14	Scenario
qty_truk_d	4	Scenario

Gambar 94. Macros

E. Jumlah Replikasi

Dalam penentuan jumlah kebutuhan truk tangki optimal, parameter yang diuji adalah jumlah entitas atau permintaan SPBU COCO DKI Jakarta yang masuk pada TBBM Plumpang. Model simulasi menggunakan replikasi awal sebanyak 30 replikasi.

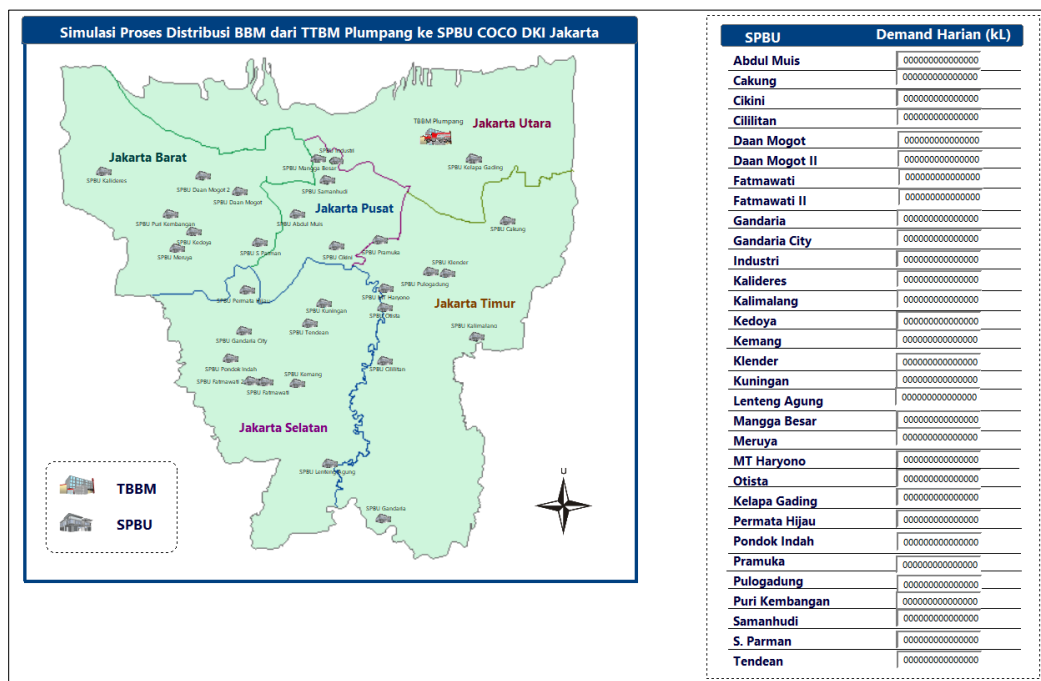
Tabel 3. Merupakan hasil perhitungan replikasi yang telah dilakukan. Mean didapatkan dari rata-rata output hasil initial replikasi. Dari perhitungan replikasi menggunakan Confidence Level 95% dan Significance level 5% didapatkan jumlah replikasi yang sesuai untuk melakukan simulasi sistem eksisting proses distribusi BBM dari TBBM Plumpang ke SPBU COCO DKI Jakarta adalah sebanyak 36 replikasi.

Mean	38.39
Initial Replication	30
Standar Deviasi	12.32

Confidence Level	0.95
Significance level	0.05
Sample size	30
n-1	29
$\alpha/2$	0.025
$t_{29,0,025}$	2.045
Half Width	4.60
Upper limits	42.99
Lower limits	33.79
Absolute error	4
$z_{0,025}$	1.96
n'	36

F. Layout Model

Gambar 15. Merupakan Layout model simulasi-optimalisasi penentuan kebutuhan truk tangki pada proses distribusi BBM dibuat menggunakan software ArcGIS yang merupakan layout yang telah disesuaikan dengan sistem eksisting yang ada di TBBM Plumpang dan SPBU COCO DKI Jakarta.



Gambar 105. Layout Model

G. Verifikasi Model

Pada tahap verifikasi model dilakukan dengan 3 cara yaitu:

- 1) Memeriksa atau *tracing* untuk setiap proses yang berlangsung pada model simulasi.
- 2) Melihat animasi model untuk mengamati perilaku sistem yang benar.
- 3) Memeriksa *output* yang dihasilkan oleh sistem.

Hasil *tracing* model simulasi dapat dilihat pada Gambar 16.

```

00:00.000 Filtered Trace Messages : Off
00:00.000 1 Demand_SpBU_Abdul_Muis scheduled to arrive at TBBM_Plumpang.
00:00.000 Demand_SpBU_Abdul_Muis (ID: 1) arrives at TBBM_Plumpang.
00:00.000 Ent Attr: Att_Abdul_Muis = 67 [old value = 0]
00:00.000 For Demand_SpBU_Abdul_Muis (ID: 1) at TBBM_Plumpang:
00:00.000 Demand_SpBU_Abdul_Muis enters TBBM_Plumpang.
00:00.000 Int: Var_Abdul_Muis = 67 [old value = 0]
00:00.000 Select route from route block #5: output quantity is 1.
00:00.000 For Demand_SpBU_Abdul_Muis (ID: 1) at TBBM_Plumpang:
00:00.000 SPBU_Abdul_Muis is selected for routing.
00:00.000 The main entity is routed out as Demand_SpBU_Abdul_Muis.
00:00.000 Output is named as Demand_SpBU_Abdul_Muis.
00:00.000 Send 40 Demand_SpBU_Abdul_Muis to SPBU_Abdul_Muis.
00:00.000 Truk_D.1 is already available at this location.
00:00.000 Demand_SpBU_Abdul_Muis (ID: 1) at TBBM_Plumpang picked up by Truk_D.1.
00:00.000 Process dependent route.
00:00.000 Dependent will route to SPBU_Abdul_Muis.
00:00.000 Start move to SPBU_Abdul_Muis.
00:00.000 For the dependent of Demand_SpBU_Abdul_Muis (ID: 1) output from TBBM_Plumpang:
00:00.000 New entity Demand_SpBU_Abdul_Muis (ID: 2) is created in the output routing.
00:00.000 Output is named as Demand_SpBU_Abdul_Muis.
00:00.000 For Demand_SpBU_Abdul_Muis (ID: 2) at TBBM_Plumpang:
00:00.000 Send 27 Demand_SpBU_Abdul_Muis to SPBU_Abdul_Muis.
00:00.000 Truk_C.1 is already available at this location.
    
```

Gambar 16. Hasil *tracing* model simulasi

Pada penelitian ini, salah satu contoh *tracing* yang dilakukan adalah pada model simulasi *splitting* permintaan SPBU Abdul Muis. Dapat dilihat pada baris keempat ditunjukkan bahwa atribut entitas permintaan Abdul Muis

memiliki nilai 67, yang berarti bahwa permintaan-nya melebihi kapasitas truk terbesar, sehingga akan dilakukan *splitting* permintaan dengan mengirimkan 40 kL BBM terlebih dahulu menggunakan Truk_D.1, kemudian permintaan selebihnya akan kembali masuk ke kondisi *if else* dan mencari kapasitas truk yang sesuai. Dapat dilihat kembali untuk ID:2 sebagai entitas baru dengan permintaan sisa sebesar 27 kL akan dikirimkan setelahnya menggunakan Truk_C.1 dengan kapasitas tangka sebesar 32 kL, dikarenakan kondisi permintaan-nya lebih dari 24 kL dan kurang dari 32 kL. Setelah melakukan tahapan verifikasi, tidak terdapat kesalahan yang muncul sehingga model simulasi terverifikasi atau sudah sesuai dengan model konseptual.

H. Validasi Model

Proses validasi dilakukan dengan membandingkan *output* hasil simulasi dengan data historis permintaan harian BBM setiap SPBU. Pada validasi model, digunakan estimasi selang kepercayaan rata-rata dua sampel bebas atau *Independent Sample t-Test* di SPSS. Permintaan harian BBM digunakan sebagai *test variable*, data historis dan simulasi digunakan sebagai *grouping variable*. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95% dengan kriteria

penolakan H_0 adalah jika probabilitasnya kurang dari 0.05.

Uji *Independent Sample t-Test* menghasilkan nilai signifikansi 0.938 dan 0.954. Signifikansi 0.938 diperoleh dari perbandingan data historis dengan data simulasi 36 replikasi dan signifikan 0.954 diperoleh dari perbandingan data historis dengan data simulasi 30 replikasi. Nilai statistik sig. pada *t-Test* diatas 0.05 yang artinya menunjukkan bahwa rata-rata kedua populasi adalah sama atau tidak terdapat perbedaan rata-rata dan standar deviasi antara *output* dari model simulasi dengan data historis. Dengan demikian model simulasi *valid* atau sudah mencerminkan sistem nyata.

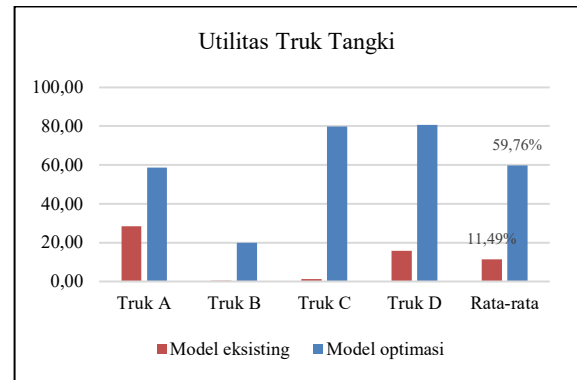
I. Analisis Model Eksisting

Pada hasil *output* simulasi model eksisting, menunjukkan bahwa rata-rata total utilitas truk tangki adalah 11.49% dengan rata-rata waktu pemakaian (*average time per usage*) 544.14 menit. Dalam waktu proses 24 jam, terdapat beberapa truk tangki yang tidak digunakan dan rata-rata utilitas pada masing-masing truk tangki masih di bawah 30%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan 31 truk tangki dalam 24 jam waktu proses pada model simulasi masih belum optimal. Untuk itu, pada tahap selanjutnya dilakukan pengembangan simulasi untuk mengoptimalkan kebutuhan jumlah truk tangki dengan menggunakan *SimRunner*.

J. Analisis Simulasi-optimalisasi

Untuk mendapatkan jumlah kebutuhan truk tangki yang optimal, dilakukan simulasi-optimalisasi menggunakan *SimRunner*. *Objective function* yang ditetapkan yaitu maksimasi utilitas truk tangki.

Dari hasil *SimRunner* dengan 184 percobaan, didapatkan solusi optimal untuk kebutuhan jumlah truk tangki adalah 5 unit dengan 1 unit truk tangki A, B dan C serta 2 unit truk tangki D. Terdapat penurunan jumlah truk tangki dari kondisi eksisting. Grafik perbandingan utilitas truk tangki pada model eksisting dan model simulasi dapat dilihat pada **Gambar 17**.



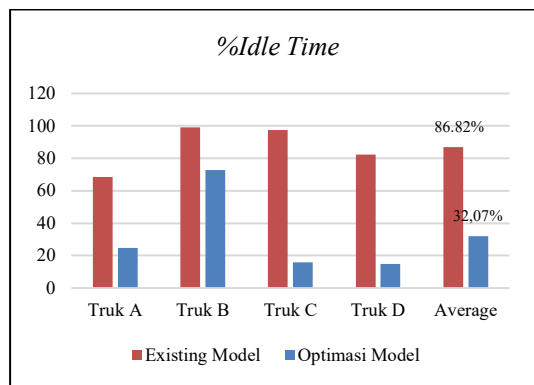
Gambar 17. Utilitas truk tangki pada optimalisasi model

Hasil utilitas truk tangki mengalami kenaikan sebesar 48.27% dari kondisi eksisting dengan jumlah truk tangki yang digunakan pada hasil simulasi-optimalisasi adalah 5 truk. Perbandingan jumlah dan utilitas truk tangki pada kondisi eksisting dengan hasil simulasi-optimalisasi dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil simulasi-optimalisasi

Kategori	Kondisi Eksisting	Hasil Simulasi-Optimalisasi
Jumlah truk tangki (Unit)	31	5
Utilitas truk tangki	11.49%	59.76%

Selanjutnya dilakukan analisis *performance measures*. *Performance measures* yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu *idle*. Pada kondisi eksisting, truk tangki mengalami keadaan *idle* sebesar 86.82%. Kemudian setelah dilakukan simulasi-optimalisasi, waktu *idle* berkurang sebesar 54,75% dari kondisi eksisting. Perbandingan waktu *idle* truk tangki pada kondisi eksisting dengan hasil simulasi-optimalisasi dapat dilihat pada **Gambar 16**.



Gambar 19. Perbandingan waktu idle

Performance measures selanjutnya yang digunakan yaitu waktu proses. Dari hasil simulasi-optimasi, waktu proses yang dibutuhkan berkurang dari 24 jam menjadi 10.0734 jam atau 0.42 hari. Perbandingan *performance measures* untuk kondisi eksisting dengan hasil simulasi-optimasi dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. *Performance Measures*

<i>Performance Measures</i>	Kondisi Eksisting	Hasil Simulasi-Optimasi
%idle (%)	86.82%	32.07%
Waktu proses (Hari)	1	0.42

Setelah mendapatkan jumlah kebutuhan truk tangki yang optimal, selanjutnya dilakukan analisis deskriptif untuk mengetahui *trade-off* yang terjadi apabila terdapat pengurangan jumlah truk tangki dari kondisi eksisting. Adapun *trade-off* yang mungkin terjadi yaitu adanya perubahan penjadwalan sehingga dapat menimbulkan keterlambatan, penurunan biaya bahan bakar dan biaya perawatan truk tangki. Adanya peningkatan akan konsumsi BBM setiap tahunnya juga perlu dipertimbangkan sebelum memutuskan untuk mengurangi jumlah truk tangki yang digunakan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan truk tangki yang optimal pada distribusi BBM dari TBBM Plumpang ke SPBU COCO DKI Jakarta dengan menggunakan *software* simulasi Promodel. Dari hasil simulasi-optimasi menggunakan

SimRunner pada *software* ProModel, didapatkan jumlah kebutuhan truk tangki optimal adalah 5 unit dengan peningkatan utilitas truk tangki dari 48.27% dari kondisi eksisting dan penurunan waktu *idle* truk tangki sebesar 54,75% dari kondisi eksisting. Waktu proses yang dibutuhkan pada proses distribusi BBM berkurang dari 24 jam menjadi 10.0734 jam atau 0.42 hari.

Trade-off yang mungkin terjadi yaitu adanya perubahan penjadwalan, penurunan biaya bahan bakar dan biaya perawatan truk tangki. Adanya peningkatan akan konsumsi BBM setiap tahunnya juga perlu dipertimbangkan sebelum memutuskan untuk mengurangi jumlah truk tangki yang digunakan.

Penelitian lebih lanjut diperlukan dalam perbandingan tingkat utilitas, *performance measures* dan *trade-off* yang mungkin terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Baskoro, D. A., Hidayat, H., & Gartika, G. (2018). Efisiensi Proses Distribusi Bahan Bakar Minyak Di Pt Pertamina Persero Depot Pelumpang Jakarta. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik (JMBTL) Vol.*, 4(3), 381–392.

Boyce, D. (n.d.). *TRANSPORTATION SYSTEMS. I.*

Hery Suliantoro1, A. N. (2020). Perspektif keilmuan teknik industri pada era new normal. *PENGUKURAN KINERJA FUNGSI PENGADAAN BARANG/JASA MENGGUNAKAN PROCUREMENT COMPETITIVE CAPABILITY MATURITY MODEL* Hery, 7(1), 1–3.

Kurnia, I., Pamungkas, D. W., & Fithri, P. (2020). Perbaikan Sistem Transportasi Dengan Simulasi Promodel Untuk Meningkatkan Ritasi Pengiriman Barang Di Pt. Xxx. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 20(1), 102. <https://doi.org/10.36275/stsp.v20i1.231>

Nor, R. M., Ramli, M. F., & Kharuddin, M. H. (2017). Modeling and simulation of vehicle routing problem based on clustering locations. *Advanced Science Letters*, 23(5), 4146–4148. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8298>

Pitombeira-neto, A. R., & Rolim, G. A. (2017). Simulation of Tank Truck Loading Operations. *Int J Simul Model*,

- 16(September), 435–447.
- Purwanto, E., Adrianto, L., & Rahardjo, S. (2017). Strategi Optimal Peningkatkan Efisiensi di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Makassar dengan Menggunakan Discrete-Event Simulation. *Warta Penelitian Perhubungan*, 29(1), 33. <https://doi.org/10.25104/warlit.v29i1.316>
- R.C. Harrell. (2004). *Simulation Using PROMODEL, 2nd edition*. 711.
- Risdayanti. (2012). Bahan Bakar Gas (BBG) sebagai Alternatif Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk Sektor Transportasi. *Forum Teknologi*, 5(2), 65–77.
- Riyanto, A. (2012). *ANALISIS SIMULASI ANTRIAN NASABAH DI BANK BNI 46 Tbk. 102*, 319–343.
- Simulasi, L., & Aplikasi, D. A. N. (1984). *Simulation and Promodel Software*. 1–52.
- Suprianto, Muhammad, & Indriani, A. (2018). Penerapan Metode Simulasi Kejadian Diskrit Pada Layanan Antar Pesan. 2087–2658, 205–210.
- Yonathan, R., Kinanti, S. P., & Zahra, Z. Z. Z. (2020). Increasing oil/petroleum supply chain distribution efficiency through using autonomous vehicle. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 0(March), 1504–1509.