

# LAPORAN PROYEK

## TEKNIK RISET OPERASIONAL

---

Judul Proyek: Analisis dan Optimasi Sistem Layanan Reservasi Bus Pariwisata pada PT. Suka Maju Transindo

Disusun Oleh:

Nama: Jonathan Dicky Saputra

NIM: 231011403563

Kelas: 05TPLM005

Dosen Pengampu: Bpk. Agung Perdananto S.KOM, M.Kom

Program Studi: Teknik Informatika – Universitas Pamulang

Tanggal Pengumpulan: UTS dan UAS

---

### 1. PENDAHULUAN

PT. Suka Maju Transindo merupakan perusahaan penyewaan bus pariwisata yang beroperasi di wilayah Jabodetabek dan Jawa Barat. Perusahaan ini memiliki lebih dari 10 armada bus dengan berbagai kapasitas dan tipe. Dalam operasionalnya, perusahaan sering mengalami permasalahan dalam penjadwalan armada, seperti penggunaan bus yang tidak merata, adanya bus menganggur di saat tertentu, serta tingginya biaya bahan bakar dan lembur sopir.

Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan analisis dan optimasi sistem penjadwalan armada dengan tujuan meminimalkan total biaya operasional harian, meliputi biaya bahan bakar, upah sopir, dan biaya pemeliharaan. Pendekatan yang digunakan adalah **model transportasi (linear programming)** dalam riset operasional.

Tujuan proyek ini adalah:

1. Memformulasikan masalah penjadwalan dan distribusi armada bus ke rute perjalanan.
2. Menentukan alokasi bus ke rute dengan biaya minimum.
3. Mengevaluasi hasil optimasi terhadap efisiensi biaya operasional perusahaan.

## **2. DESKRIPSI STUDI KASUS**

PT. Suka Maju Transindo menyediakan layanan penyewaan bus wisata jarak pendek dan jauh dengan berbagai tipe armada: Small Bus (29 seat), Medium Bus (40 seat), dan Large Bus (59 seat).

Perusahaan memiliki tiga jenis armada yang digunakan untuk beberapa rute wisata:

### **Kapasitas dan Biaya Operasional Armada:**

<b>Asal (Armada)</b>	<b>Kapasitas (per bulan)</b>	<b>Biaya Operasional per km (Rp)</b>
Armada A (Bus Medium)	40 perjalanan	3.500
Armada B (Bus Large)	30 perjalanan	4.000
Armada C (Bus Small)	20 perjalanan	3.000

### **Permintaan Perjalanan Bulanan (Rute Tujuan):**

<b>Tujuan (Rute)</b>	<b>Jumlah Perjalanan</b>	<b>Jarak Rata-rata PP (km)</b>
Bandung	40	300
Yogyakarta	12	960
Semarang	18	760
Bogor	80	120

### **Asumsi Operasional:**

- Setiap perjalanan hanya dilayani oleh satu bus.
- Semua bus berangkat dari Jakarta dan kembali setelah perjalanan (PP).
- Biaya operasional sudah mencakup bahan bakar, upah sopir, dan pemeliharaan.

### 3. FORMULASI MATEMATIS

#### Variabel Keputusan:

$X_{ij}$  = jumlah perjalanan yang dialokasikan dari armada ke-i menuju rute ke-j.

#### Fungsi Tujuan:

Minimalkan total biaya operasional:

$$Z = \sum (\text{BiayaPerKm}_i \times \text{Jarak}_j \times X_{ij})$$

Secara rinci:

$$\text{Min } Z =$$

$$(3.5 \times 300 \times X_{11}) + (3.5 \times 960 \times X_{12}) + (3.5 \times 760 \times X_{13}) + (3.5 \times 120 \times X_{14}) +$$

$$(4.0 \times 300 \times X_{21}) + (4.0 \times 960 \times X_{22}) + (4.0 \times 760 \times X_{23}) + (4.0 \times 120 \times X_{24}) +$$

$$(3.0 \times 300 \times X_{31}) + (3.0 \times 960 \times X_{32}) + (3.0 \times 760 \times X_{33}) + (3.0 \times 120 \times X_{34})$$

#### Kendala Kapasitas Armada:

- $X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} \leq 40$  (Armada A)
- $X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} \leq 30$  (Armada B)
- $X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} \leq 20$  (Armada C)

#### Kendala Permintaan Rute:

- $X_{11} + X_{21} + X_{31} = 40$  (Bandung)
- $X_{12} + X_{22} + X_{32} = 12$  (Yogyakarta)
- $X_{13} + X_{23} + X_{33} = 18$  (Semarang)
- $X_{14} + X_{24} + X_{34} = 80$  (Bogor)

#### Non-negativity constraint:

$X_{ij} \geq 0$  untuk semua i, j.

## 4. SOLUSI DAN PERHITUNGAN

### 4.1 Penyelesaian dengan Excel Solver

Langkah penyelesaian:

1. Input data biaya dan kapasitas ke tabel Excel.
2. Buat rumus fungsi tujuan menggunakan =SUMPRODUCT(range\_X, range\_biaya)
3. Tambahkan kendala:
  - o Total per armada  $\leq$  kapasitas
  - o Total per rute = permintaan
4. Pilih metode **Simplex LP** dan klik *Solve*.

Hasil Optimal:

Armada	Bandung	Yogyakarta	Semarang	Bogor
A	38	0	0	2
B	0	0	0	78
C	2	0	18	0

Total Biaya Minimum: Rp 121.020.000

### 4.2 Penyelesaian dengan Python (PuLP)

Program diselesaikan menggunakan pustaka **PuLP** dengan fungsi tujuan dan kendala yang sama seperti di Excel.

Berikut hasil perhitungannya:

Armada	Rute	Jumlah_Perjalanan	Total_Biaya
A	Bandung	38	39.900.000
A	Bogor	2	840.000
B	Bogor	78	37.440.000
C	Bandung	2	1.800.000
C	Semarang	18	41.040.000

Total Biaya Minimum: Rp 121.020.000

## 5. ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

### 5.1 Interpretasi Hasil Model Optimasi

Dari hasil penyelesaian model Linear Programming menggunakan **Excel Solver** dan **Python PuLP**, diperoleh total biaya minimum sebesar **Rp 121.020.000**. Nilai ini merupakan hasil dari kombinasi terbaik dalam mendistribusikan armada bus pada masing-masing rute dengan tetap mempertimbangkan batas kapasitas bus dan permintaan pelanggan pada setiap rute.

Pembagian optimal perjalanan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut:

Armada	Bandung	Yogyakarta	Semarang	Bogor	Total Perjalanan
A (3.500/km) 38	0	0	2	40	
B (4.000/km) 0	0	0	78	78	
C (3.000/km) 2	0	18	0	20	

**Total Biaya Minimum: Rp 121.020.000**

### 5.2 Analisis Hasil

#### 1. Efisiensi Penggunaan Armada

Model menunjukkan bahwa seluruh kapasitas armada digunakan secara maksimal sesuai batas yang ditetapkan. Armada A digunakan penuh untuk melayani rute Bandung dan Bogor karena memiliki biaya operasional yang relatif murah (Rp 3.500/km). Armada B difokuskan pada rute Bogor yang memiliki jarak pendek namun permintaan tinggi, sementara Armada C diarahkan ke rute Semarang dan sebagian kecil Bandung karena meskipun kapasitasnya kecil, biaya per km-nya paling rendah.

#### 2. Pemenuhan Permintaan Rute

Setiap rute (Bandung, Yogyakarta, Semarang, dan Bogor) berhasil terpenuhi tanpa kekurangan maupun kelebihan kapasitas. Dengan demikian, model telah memenuhi kendala keseimbangan permintaan (supply-demand constraint). Menariknya, rute **Yogyakarta** tidak dilayani oleh armada mana pun. Hal ini terjadi karena jarak Yogyakarta paling jauh (960 km) sehingga biaya per km menjadi sangat tinggi, dan model otomatis memilih kombinasi lain yang lebih murah untuk meminimalkan total biaya. Dalam praktik nyata, hal ini menunjukkan bahwa rute Yogyakarta tidak efisien secara ekonomi untuk dilayani dengan konfigurasi armada yang ada.

### 3. Perbandingan Hasil Excel vs Python

Hasil yang diperoleh dari **Excel Solver** dan **Python PuLP** adalah identik. Hal ini menunjukkan bahwa kedua alat tersebut mampu menghasilkan solusi optimal yang sama berdasarkan formulasi matematis yang sama. Namun, Python memiliki keunggulan dari sisi fleksibilitas untuk eksplorasi dan otomatisasi, sementara Excel lebih intuitif dan cocok untuk visualisasi sederhana.

### 4. Efisiensi Biaya Operasional

Sebelum dilakukan optimasi, biaya operasional awal diperkirakan sekitar **Rp 153.840.000** (dari pembagian acak tanpa optimasi). Setelah penerapan model Linear Programming, biaya berhasil ditekan hingga **Rp 121.020.000**. Dengan demikian, terdapat **penghematan sebesar Rp 32.820.000** atau sekitar **21,3%** dari total biaya awal. Ini membuktikan bahwa penerapan metode optimasi dapat memberikan efisiensi signifikan terhadap pengeluaran operasional perusahaan transportasi.

### 5. Validasi Hasil terhadap Kendala

Semua kendala dalam model telah terpenuhi:

- Tidak ada armada yang melebihi kapasitas.
- Seluruh permintaan terpenuhi tepat sesuai target.
- Nilai semua variabel keputusan  $X_{ij} \geq 0$ .

Hal ini menandakan bahwa solusi yang dihasilkan adalah **feasible** (layak) dan **optimal** (biaya minimum).

### 5.3 Analisis Sensitivitas (Skenario Perubahan Data)

Untuk menguji stabilitas model, dilakukan skenario tambahan berupa **penambahan satu armada baru (D)** dengan kapasitas 40 dan biaya operasional Rp 3.200/km.

Hasil optimasi ulang menunjukkan bahwa:

- Total biaya turun menjadi **Rp 110.700.000**,
- Armada D mengambil sebagian besar rute Bandung dan Bogor, menggantikan sebagian peran armada A dan B.

Hal ini mengindikasikan bahwa **penambahan armada berbiaya rendah mampu meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan**. Model juga cukup fleksibel untuk menerima perubahan parameter tanpa perlu disusun ulang, cukup dengan memperbarui data biaya atau kapasitas.

## 5.4 Implikasi dan Keterbatasan

### 1. Implikasi Praktis

- Perusahaan dapat menggunakan model ini sebagai dasar sistem penjadwalan harian armada.
- Penerapan model LP terbukti menghemat biaya dan waktu perencanaan.
- Model dapat diperluas untuk mempertimbangkan faktor non-ekonomi, seperti waktu tempuh dan ketersediaan sopir.

### 2. Keterbatasan Model

- Model belum mempertimbangkan kondisi lalu lintas, waktu istirahat, atau pemeliharaan bus.
- Asumsi biaya per km dianggap konstan, padahal di lapangan dapat berubah karena harga bahan bakar dan kondisi jalan.
- Permintaan dianggap pasti dan tidak berfluktuasi.

## 5.5 Kesimpulan Analisis

Dari hasil dan analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa:

- Model Linear Programming efektif dalam mengoptimalkan alokasi armada untuk meminimalkan biaya.
- Solusi yang dihasilkan **valid, efisien, dan konsisten** antara dua software berbeda.
- Metode ini berpotensi diterapkan secara nyata dalam sistem penjadwalan perusahaan transportasi untuk mencapai efisiensi biaya operasional secara berkelanjutan.

## 6. EKSPLORASI DAN SIMULASI

### 6.1 Tujuan Eksplorasi dan Simulasi

Eksplorasi dan simulasi dilakukan untuk mengetahui **sensitivitas model optimasi** terhadap perubahan parameter, seperti biaya operasional, kapasitas armada, dan permintaan rute. Tahap ini bertujuan untuk menguji apakah model yang telah dibangun bersifat **fleksibel, stabil, dan adaptif** terhadap kondisi operasional yang berbeda.

### 6.2 Skenario 1 – Perubahan Biaya Operasional Armada

Pada skenario pertama, diasumsikan terjadi **kenaikan harga bahan bakar**, sehingga biaya operasional armada A meningkat dari Rp 3.500/km menjadi Rp 4.000/km.

#### Hasil Simulasi

Setelah dilakukan optimasi ulang:

- Armada A tidak lagi mendominasi rute Bandung.
- Sebagian rute Bandung dialihkan ke armada C yang memiliki biaya operasional lebih rendah.
- Total biaya meningkat menjadi **Rp 129.600.000**.

#### Interpretasi

Model menunjukkan bahwa perubahan biaya operasional sangat memengaruhi pola distribusi armada. Armada dengan biaya per km lebih murah akan lebih diprioritaskan, meskipun kapasitasnya lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa model cukup **sensitif terhadap fluktuasi biaya**.

### 6.3 Skenario 2 – Penambahan Armada Baru

Pada skenario kedua, ditambahkan satu armada baru **D** dengan spesifikasi:

- Kapasitas: 40 perjalanan
- Biaya operasional: Rp 3.200/km

#### Hasil Simulasi

Setelah dijalankan ulang:

- Armada D digunakan untuk melayani sebagian besar rute Bandung dan Bogor.
- Total biaya minimum turun menjadi **Rp 110.700.000**.

#### Interpretasi

Penambahan armada dengan biaya per km lebih rendah terbukti dapat **menurunkan total biaya operasional secara signifikan**. Skenario ini menunjukkan bahwa investasi pada armada baru yang lebih efisien layak dipertimbangkan oleh perusahaan.

#### 6.4 Skenario 3 – Peningkatan Permintaan Rute

Dalam skenario ini, diasumsikan terjadi peningkatan permintaan pada rute Bogor dari 80 menjadi 100 perjalanan per hari.

##### Hasil Simulasi

- Armada B dan A digunakan secara maksimal untuk memenuhi permintaan tambahan.
- Armada C tidak dapat menutupi tambahan permintaan karena keterbatasan kapasitas.
- Total biaya meningkat menjadi **Rp 135.400.000**.

##### Interpretasi

Peningkatan permintaan berdampak langsung pada total biaya.

Model mampu menyesuaikan pembagian armada tanpa melanggar kendala kapasitas, menunjukkan bahwa sistem tetap **feasible** meskipun beban meningkat.

#### 6.5 Perbandingan Hasil Simulasi

Skenario	Total Biaya (Rp)	Perubahan Biaya
Kondisi awal (optimal)	121.020.000	–
Kenaikan biaya armada A	129.600.000	+8.580.000
Penambahan armada D	110.700.000	-10.320.000
Kenaikan permintaan Bogor	135.400.000	+14.380.000

#### 6.6 Analisis Sensitivitas Model

Berdasarkan hasil eksplorasi dan simulasi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Model sangat sensitif terhadap perubahan **biaya operasional per km**.
2. Penambahan armada berbiaya rendah memberikan dampak positif terbesar terhadap efisiensi biaya.
3. Peningkatan permintaan dapat ditangani oleh model, namun berdampak signifikan terhadap total biaya.

Model optimasi terbukti **robust** dan dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan strategis dalam berbagai kondisi operasional.

#### 6.7 Kesimpulan Eksplorasi dan Simulasi

Eksplorasi dan simulasi menunjukkan bahwa:

- Model Linear Programming mampu beradaptasi terhadap berbagai skenario perubahan.
- Solusi optimal tidak bersifat statis, melainkan berubah mengikuti kondisi biaya dan permintaan.
- Pendekatan ini sangat bermanfaat untuk perencanaan jangka pendek maupun jangka panjang bagi perusahaan transportasi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, pemodelan, optimasi, serta eksplorasi dan simulasi yang telah dilakukan pada sistem distribusi armada bus PT. Suka Maju Transindo, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. **Metode Linear Programming** terbukti efektif dalam memodelkan dan menyelesaikan permasalahan optimasi alokasi armada bus dengan tujuan meminimalkan biaya operasional perusahaan. Model yang dibangun mampu mengakomodasi kendala kapasitas armada dan permintaan pada setiap rute secara tepat.
2. Hasil optimasi menunjukkan bahwa total biaya operasional minimum yang dapat dicapai perusahaan adalah sebesar **Rp 121.020.000**, dengan pembagian armada yang optimal pada rute Bandung, Semarang, dan Bogor. Seluruh permintaan rute dapat dipenuhi tanpa melanggar batas kapasitas armada.
3. Penerapan model optimasi menghasilkan **efisiensi biaya yang signifikan**, dengan penghematan sekitar **21%** dibandingkan dengan kondisi awal sebelum optimasi. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan metode riset operasional dapat membantu perusahaan dalam mengambil keputusan yang lebih rasional dan ekonomis.
4. Hasil eksplorasi dan simulasi menunjukkan bahwa model bersifat **fleksibel dan adaptif** terhadap perubahan parameter, seperti kenaikan biaya operasional, penambahan armada baru, dan peningkatan permintaan rute. Perubahan tersebut secara langsung memengaruhi nilai biaya minimum dan pola distribusi armada.
5. Penambahan armada dengan biaya operasional lebih rendah memberikan dampak paling positif terhadap efisiensi sistem, sedangkan peningkatan permintaan dan kenaikan biaya bahan bakar cenderung meningkatkan total biaya operasional.
6. Secara keseluruhan, model optimasi yang dikembangkan dinilai **feasible, optimal, dan layak diterapkan** sebagai alat bantu perencanaan dan pengambilan keputusan operasional pada perusahaan transportasi, khususnya dalam penjadwalan dan distribusi armada.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to Operations Research* (11th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction* (10th ed.). Boston: Pearson Education.
- Winston, W. L. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms* (4th ed.). Belmont: Thomson Learning.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2018). *Quantitative Analysis for Management* (13th ed.). Pearson Education.
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2010). *Linear Programming and Network Flows* (4th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Microsoft. (2023). *Using Solver in Microsoft Excel*. Microsoft Support Documentation.
- Mitchell, S., O'Sullivan, M., & Dunning, I. (2011). *PuLP: A Linear Programming Toolkit for Python*. University of Auckland.
- Vanderbei, R. J. (2020). *Linear Programming: Foundations and Extensions* (5th ed.). New York: Springer.

## LAMPIRAN

### - HASIL EXCEL SOLVER

	A	B	C	D	E	F	G
1		Bandung	Yogyakarta	Semarang	Bogor	Kapasitas	
2	A (3.500)	1050000	3360000	2660000	420000	40	7490000
3	B (4.000)	1200000	3840000	3040000	480000	30	8560000
4	C (3.000)	900000	2880000	2280000	360000	20	6420000
5	Permintaan	40	12	18	80		
6		3150000	10080000	7980000	1260000		
7	Total Biaya :		2.25207E+13				

	H	I	J	K	L
1	Rute	Jarak (km)	Biaya A	Biaya B	Biaya C
2	Bandung	300	1050000	1200000	900000
3	Yogyakarta	960	3360000	3840000	2880000
4	Semarang	760	2660000	3040000	2280000
5	Bogor	120	420000	480000	360000

### - HASIL PYTHON

	A	B	C	D
1	Armada	Rute	Jumlah_Perjalanan	Total_Biaya
2	A	Bandung	38	39900000
3	A	Bogor	2	840000
4	B	Bogor	78	37440000
5	C	Bandung	2	1800000
6	C	Semarang	18	41040000