
PENENTUAN JUMLAH DAN JENIS MONORAIL JALUR KAMPUNG MELAYU-ROXY PADA BERBAGAI SKENARIO JUMLAH PENUMPANG MENGUNAKAN SIMULASI PROMODEL BERDASARKAN BIAYA YANG TERBAIK

Mirna Lusiani

mirna_lusiani@yahoo.com

Penulis

Mirna Lusiani adalah dosen universitas Bunda Mulia yang saat ini sedang melanjutkan studi dalam bidang Teknik Industri. Mata kuliah yang diampu perilaku organisasi dan simulasi..

Bidang peminatan: *Simulasi Sistem, Manajemen Industri*

Abstract

Determination Types and Number of Trains Kampung Melayu-Roxy Monorail With Level Number Of Passengers Distribution Scenario Using Promodel Simulation Based On The Optimal Cost. Monorail is one of the solution to solve the traffic problem in the city of Jakarta. This project developed to be an alternative of mass public transportation service for the citizens in Jakarta. In order to be able to serve the passengers during peak time, the project need to have a research in term of the optimal total number of trains and type to be used.

In this research, had chose the types and the total number of trains Kampung Melayu-Roxy with the level number of passengers distribution scenario based on the optimal cost using simulation. Scenario for the number of passengers per hour based on peak hour. Data gathered from variety sources such as consultant, suppliers, and media. Data required to developed a model, based on the observation of the Busway corridor Blok M-Kota. After developed the model, the next step is to simulated each type on each passengers distribution scenario to obtained the total number of trains and the headway. Selection based on incremental internal rate of return between two type on each scenario.

Based on simulation and calculation result obtained that small type is the type of monorail that had been chose for monorail project at Kampung Melayu-Roxy line on several number of passengers scenario, with the description are scenario 1 with 10 units, scenario 2 with 14 units, scenario 3 with 15 units, and scenario 4 with 20 units.

Keywords

Promodel, Internal Rate of Return (IRR), Monorail

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu permasalahan yang tidak pernah berhenti. Kemacetan yang timbul di Jakarta berasal dari berbagai macam penyebab. Penyebabnya antara lain panjang ruas jalan yang tersedia tidak sebanding dengan jumlah kendaraan yang ada. Sebagian besar warga Jakarta mengeluhkan kondisi kendaraan umum yang tidak layak dan tidak nyaman sehingga lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi.

Pemerintah Propinsi Jakarta memiliki rencana dalam merancang suatu moda transportasi massal baru yaitu *monorail*. Rencananya, jalur *monorail* ini akan membentang dari sebelah timur sampai barat Jakarta. Pemilihan *monorail* ini dikarenakan *monorail* memiliki daya angkut yang besar sehingga cocok untuk kota Jakarta dengan jumlah penduduk yang besar. Proyek *monorail* ini merupakan kerjasama antara pihak swasta Indonesia dengan konsorsium Omnicor Singapura dan proyek ini bersifat mencari keuntungan karena dana yang diperoleh berasal dari modal sendiri dan pinjaman.

Seperti yang sudah dijabarkan diatas, keluhan yang disampaikan oleh warga Jakarta mengenai kendaraan umum Jakarta adalah ketidaklayakan dan ketidaknyamanan. Ketidaklayakan itu dapat dilihat dengan jumlah penumpang yang melebihi daya angkut yang diperbolehkan. Hal ini diakibatkan oleh jumlah armada angkutan umum yang tersedia pada waktu sibuk lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah calon penumpang yang akan menggunakannya sehingga setiap armada angkutan umum mengangkut melebihi kapasitas yang diperbolehkan. Agar dapat memenuhi kebutuhan calon penumpangnya, kapasitas dari *monorail* ini harus sesuai dengan jumlah calon penumpangnya sehingga pelayanan yang diberikan dapat dikatakan baik dan dari segi biaya yang dikeluarkan dikatakan optimal. Untuk itu, diperlukan penelitian terhadap jumlah dan jenis *monorail* berdasarkan biaya yang terbaik pada berbagai skenario jumlah penumpang.

Pokok permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah penentuan jumlah dan jenis *monorail* berdasarkan biaya yang terbaik pada berbagai skenario jumlah penumpang.

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh jumlah dan jenis *monorail* jalur Kampung Melayu-Roxy berdasarkan biaya yang optimal pada berbagai skenario jumlah penumpang.

Dalam penelitian ini, dilakukan pembatasan masalah agar tujuan dari penelitian dapat tercapai. Batasan masalah mencakup :

1. Jalur *monorail* yang menjadi ruang lingkup penelitian adalah jalur Kampung Melayu-Roxy.
2. Distribusi calon penumpang adalah pada waktu sibuk mulai dari pukul 06.00-08.00 dan 16.00-18.00
3. Skenario jumlah penumpang *monorail* adalah 75.000–150.000 penumpang/hari untuk 2 arah.
4. Jumlah stasiun yang ada telah ditetapkan sebanyak 13 buah.
5. Pilihan jenis *monorail* yang ada yaitu *monorail* ukuran kecil dan standar yang diproduksi oleh Hitachi Jepang.
6. Data investasi diperoleh dari sumber yang dapat dipercaya.
7. Distribusi kedatangan dan turun penumpang mengacu pada distribusi *busway* koridor 1.
8. Jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi normal.
9. Metode depresiasi menggunakan metode garis lurus.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini melalui tahap-tahap berikut ini.

1. Melakukan perhitungan skenario jumlah penumpang.
2. Melakukan perhitungan distribusi waktu antar kedatangan dan jumlah penumpang turun.
3. Membuat model *monorail* Kampung Melayu-Roxy.
4. Melakukan simulasi untuk setiap jenis pada setiap skenario jumlah penumpang.
5. Melakukan perhitungan biaya untuk setiap jenis pada setiap skenario jumlah penumpang.
6. Melakukan analisis kenaikan tingkat pengembalian untuk kedua jenis *monorail* (investasi).

Perhitungan Skenario Jumlah Penumpang

Berdasarkan penelitian pihak konsultan, jumlah penumpang *monorail* akan mencapai 150.000 penumpang/hari untuk dua arah. Skenario yang digunakan dimulai dari angka 75.000 penumpang/hari atau 50% dari jumlah penumpang hasil penelitian konsultan kemudian meningkat sebanyak 25.000 penumpang/hari. Skenario jumlah penumpang/jam yang disimulasikan hanya pada waktu sibuk. Lamanya waktu operasi sebesar 16 jam (pukul 05.30-21.30). Jumlah jam sibuk dalam satu hari sebesar 4 jam sedangkan non sibuk selama 12 jam. Berdasarkan data dari 13 halte *busway* bahwa rata-rata penurunan jumlah penumpang/jam dari waktu sibuk ke non sibuk sebesar 30% maka skenario penumpang/jam pada waktu sibuk diperlihatkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Skenario Jumlah Penumpang

Skenario	Jumlah penumpang/hari/2 arah	Jumlah penumpang/jam pada waktu sibuk
Skenario 1	75000	6230
Skenario 2	100000	8305
Skenario 3	125000	10382
Skenario 4	150000	12458

Perhitungan Distribusi Waktu Antar Kedatangan Dan Jumlah Penumpang Turun

Waktu antar kedatangan penumpang dan jumlah penumpang turun pada stasiun mengacu pada waktu antar kedatangan penumpang dan jumlah penumpang turun pada *busway* koridor 1. Data diperoleh dengan melakukan observasi pada setiap halte *busway* koridor 1. Distribusi untuk setiap skenario yang digunakan pada model *monorail* baik distribusi waktu antar kedatangan penumpang dan jumlah penumpang turun diperoleh dengan menggunakan persentase perbandingan jumlah penumpang.

Membuat Model Monorail Kampung Melayu-Roxy

Dalam model *monorail* ini terdapat elemen-elemen model [1], sebagai berikut.

1. Lokasi

Lokasi merupakan tempat untuk aktivitas entitas dalam sistem. Selain stasiun, terdapat beberapa lokasi lainnya yang terdapat dalam model ini. Jumlah stasiun pada model sebanyak 26 stasiun untuk dua arah. Keterbatasan pada Promodel yang tidak dapat melakukan proses menaikkan dan menurunkan penumpang pada satu lokasi menyebabkan pada setiap

stasiun terdapat titik naik dan titik turun penumpang. Pada setiap stasiun terdapat pula titik kedatangan penumpang, antrian masuk ke kereta, dan titik keluar penumpang. Untuk lintasan kereta digunakan *conveyor* yang juga dihitung sebagai lokasi. Penggunaan *conveyor* ini adalah untuk mengatur kecepatan kereta pada kondisi lintasan lurus dan belok. Jumlah total lokasi pada model ini yaitu sebanyak 242 buah

2. Entitas

Entitas yang terdapat pada model ini ada dua yaitu penumpang dan kereta. Penumpang merupakan entitas yang akan datang, naik, dan turun pada setiap stasiun. Entitas kereta ini yang akan memindahkan penumpang dari satu stasiun ke stasiun yang lain.

Tabel 2. Entitas

Name	Speed	Stats
Kereta_utama	1000 mpm	Time Series
Penumpang	30 mpm	Time Series

Nama entitas untuk kereta yaitu *kereta_utama* dan entitas untuk penumpang yaitu *penumpang*. Kecepatan kereta sebesar 1000 meter permenit tidak dipergunakan dalam simulasi karena kecepatan kereta diatur oleh *conveyor*. Untuk kecepatan orang rata-rata sebesar 30 meter permenit.

3. Variabel

Variabel yang ada pada model ini adalah untuk menunjukkan jumlah penumpang yang naik dan turun pada setiap stasiun. Variabel ini akan digunakan dalam menghitung jumlah penumpang yang telah terangkut pada setiap stasiun selama waktu simulasi. Dengan adanya variabel ini maka dapat terlihat jumlah yang terangkut telah sesuai dengan skenario jumlah penumpang. Jumlah variabel yang pada model ini sebanyak 50 variabel.

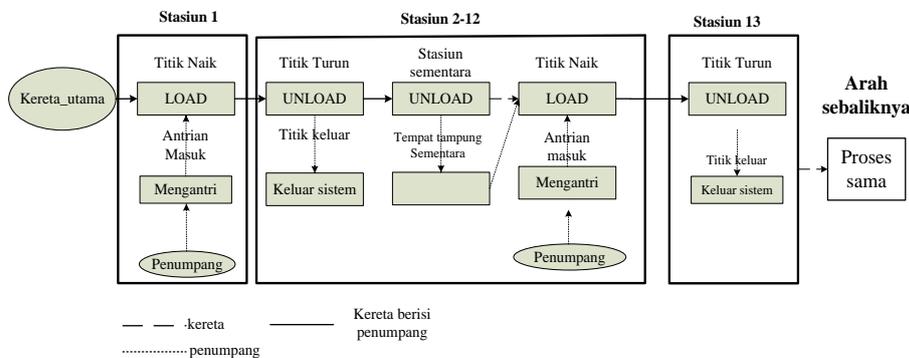
4. Arrivals

Kedatangan untuk kereta akan mempengaruhi jumlah kereta yang akan digunakan sehingga waktu antar kedatangannya yang akan berubah selama proses simulasi sesuai dengan jumlah skenario jumlah penumpang. Untuk waktu antar kedatangan penumpang pada setiap stasiun memiliki distribusi yang berbeda sesuai dengan skenarionya.

5. Proses (Operasi dan *Routing*)

Secara singkat, proses dari model monorail ini dapat dilihat pada gambar

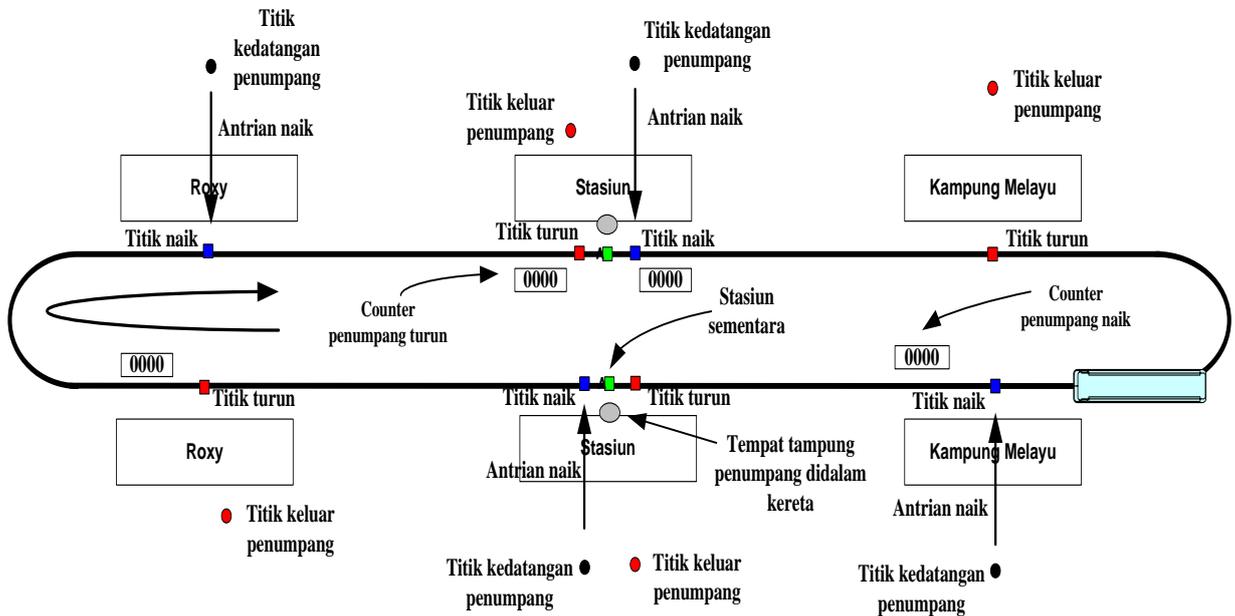
1.



Gambar 1. Diagram Alir Entitas (Proses)

Penjelasan :

- a. Kereta_utama kosong muncul pada stasiun Kampung Melayu arah Roxy dan berhenti pada titik naik untuk mengangkut penumpang selama 60 detik.



Gambar 2. Gambaran Model Monorail Kampung Melayu – Roxy (tanpa skala)

- b. Penumpang di stasiun Kampung Melayu datang pada titik kedatangan dengan waktu antar kedatangan terdistribusi secara normal sesuai skenario, menuju antrian naik kemudian dari antrian naik akan langsung menuju titik naik. Pada titik tersebut penumpang akan terangkut oleh kereta dengan jumlah penumpang yang naik ditentukan oleh lamanya kereta berhenti. Dengan menggunakan fungsi LOAD 858 untuk ukuran standar dan LOAD 406 untuk ukuran kecil maka dalam kurun waktu 60 detik akan menaikkan penumpang maksimal 240 penumpang. Kereta yang telah terdapat penumpang didalamnya, dari stasiun Kampung Melayu akan menuju stasiun Tebet. Pada stasiun Tebet, kereta akan berhenti pada titik turun untuk menurunkan penumpang dengan distribusi normal sesuai skenarionya. Penumpang yang turun akan menuju titik keluar.
- c. Kereta dari titik turun akan berlanjut ke stasiun sementara untuk menurunkan jumlah penumpang yang tersisa dalam kereta dengan menggunakan fungsi UNLOAD kapasitas maksimal kereta. Penumpang yang sengaja diturunkan akan di tampung pada tempat tampung penumpang sisa dan kemudian dinaikkan kembali pada titik naik kereta bersama dengan penumpang baru dengan fungsi LOAD kapasitas maksimal kereta. Waktu berpindah dari titik turun ke stasiun sementara dan dari stasiun sementara ke titik naik adalah nol karena pada sistem nyata hanya ada satu titik. Total kereta berhenti pada stasiun adalah 30 detik.
- d. Penumpang pada stasiun Tebet akan datang pada titik kedatangan dengan waktu antar kedatangan terdistribusi secara normal sesuai skenario. Penumpang akan menuju antrian naik dan menuju titik naik kereta. Penumpang akan diangkut sesuai dengan syarat *loading* yaitu jika kapasitas masih tersedia. Jika kapasitasnya masih tersedia maka penumpang baru akan terangkut sesuai dengan kapasitas yang masih tersedia dan jumlah maksimal penumpang yang dapat terangkut adalah

- 80 penumpang. Jika syarat *loading* tidak terpenuhi maka penumpang tidak akan terangkut dan tetap berada di antrian.
- e. Kereta akan menuju ke stasiun berikutnya dalam mengalami proses yang sama.
 - f. Pada stasiun Roxy dari arah Kampung Melayu hanya ada titik turun dimana semua penumpang akan turun dalam kurun waktu 60 detik sehingga kereta akan kosong dan memutar menuju stasiun Roxy ke arah Kampung Melayu untuk menaikkan penumpang yang akan menuju ke arah Kampung Melayu. Proses ini sama dengan arah Kampung Melayu menuju Roxy.

Simulasi

Dari model yang telah dibuat diperlihatkan pada gambar 2, disimulasikan pada empat skenario jumlah penumpang untuk kedua jenis *monorail*. Waktu *warm up* ini dilakukan selama waktu satu siklus perjalanan. Untuk jenis standar, waktu *warm up* dilakukan selama 61 menit sedangkan jenis kecil dilakukan selama 66 menit. *Run time* untuk kedua jenis sama yaitu selama 60 menit. Jadi total waktu simulasi untuk jenis standar selama 121 menit dan jenis kecil selama 126 menit. Jumlah kereta diperoleh dengan membagi waktu satu siklus perjalanan dengan *headway*. Jika *headway* selama 2 menit maka jumlah kereta maksimum dalam sistem untuk jenis standar sebanyak $61 \text{ menit} : 2 \text{ menit} = 30,5 \approx 30$ kereta dan jenis kecil sebanyak $66 \text{ menit} : 2 \text{ menit} = 33$ kereta.

Perhitungan Biaya

Dalam melakukan perhitungan, beberapa informasi yang digunakan :

1. Horison pengamatan selama 10 tahun.
2. Tingkat bunga atau MARR yang berlaku sebesar 8% pertahun [4].
3. Biaya operasi dan pemeliharaan merupakan biaya tahunan.
4. Pendapatan besarnya sama untuk setiap tahunnya.
5. Pajak yang berlaku sebesar 30% untuk pendapatan terkena pajak diatas Rp100 juta. (sumber : UU Perpajakan tahun 2000 pasal 17 ayat 1)
6. Jumlah kereta cadangan sebesar 20% dari jumlah yang diperoleh.

Perhitungan depresiasi dilakukan dengan menggunakan metode garis lurus untuk semua jenis investasi. Untuk biaya operasional dan pemeliharaan besarnya adalah 10% dari total investasi.

Analisis Kenaikan Tingkat Pengembalian

Pemilihan alternatif didasarkan pada besar Δ IRR-nya [2,3] sebagai berikut :

Tabel 3. Pemilihan Alternatif Investasi Berdasarkan Peningkatan IRR

Situasi	Keputusan
Δ IRR \geq MARR	pilih alternatif dengan biaya investasi yang lebih tinggi
Δ IRR $<$ MARR	pilih alternatif dengan biaya investasi yang lebih rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi

Dengan melakukan simulasi maka diperoleh hasil sebagai berikut ini:

Tabel 4. Hasil Simulasi Jenis Standar

Skenario	Headway	Jumlah kereta	Jumlah penumpang
1	8	7	6581
2	7	8	8316
3	6	10	10429
4	5	12	12599

Tabel 5. Hasil Simulasi Jenis Kecil

Skenario	Headway	Jumlah kereta	Jumlah penumpang
1	8	8	6629
2	6	11	9138
3	5	12	10534
4	4	16	13590

Jumlah total kereta yang dibutuhkan harus ditambah 20% sebagai kereta cadangan. Jadi jumlah total kereta yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Jumlah Total Kereta

Skenario	Standar	Kecil
1	9	10
2	10	14
3	12	15
4	15	20

Jumlah total kereta yang dibutuhkan pada skenario 1, untuk jenis standar sebanyak 9 unit dan jenis kecil 10 unit, skenario 2 jumlah total kereta yang dibutuhkan untuk jenis standar 10 unit dan jenis kecil 14 unit. Jumlah total kereta untuk skenario 3, jenis standar sebanyak 12 unit dan jenis kecil 15 unit sedangkan skenario 4 dibutuhkan 15 unit kereta jenis standar dan 20 unit kereta jenis kecil.

Hasil Perhitungan Biaya

Biaya investasi yang dihitung berasal dari biaya kereta, konstruksi, pembangkit listrik, dan sistem. Komponen tersebut merupakan biaya investasi yang berpengaruh terhadap pemilihan jenis *monorail*. Total biaya investasi untuk setiap skenario diperlihatkan pada tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Total Biaya Investasi

Skenario	Biaya Investasi	
	Standar	Kecil
Skenario 1	Rp832,100,000,000	Rp444,000,000,000
Skenario 2	Rp848,600,000,000	Rp484,000,000,000
Skenario 3	Rp881,600,000,000	Rp494,000,000,000
Skenario 4	Rp931,100,000,000	Rp544,000,000,000

Berdasarkan hasil perhitungan NSB standar dikurang dengan NSB kecil maka diperoleh Δ NSB yang negatif untuk setiap skenario. Dengan nilai Δ NSB negatif menunjukkan bahwa Δ IRR < MARR. Oleh karena Δ IRR < MARR maka dipilih biaya investasi yang lebih rendah [2,3]

SIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *monorail* jenis kecil adalah jenis *monorail* yang dipilih untuk proyek *monorail* jalur Kampung Melayu-Roxy pada keempat skenario jumlah penumpang, dengan rincian sebagai berikut.

1. Untuk skenario 1 dengan jumlah penumpang sebesar 6230 penumpang/jam sibuk untuk 2 arah, menggunakan 10 unit kereta dengan biaya investasi kereta, konstruksi, pembangkit listrik, dan sistem sebesar Rp 444,000,000,000.
2. Untuk skenario 2 dengan jumlah penumpang sebesar 8305 penumpang/jam sibuk untuk 2 arah, menggunakan 14 unit kereta dengan biaya investasi kereta, konstruksi, pembangkit listrik, dan sistem sebesar Rp 484,000,000,000.
3. Untuk skenario 3 dengan jumlah penumpang sebesar 10382 penumpang/jam sibuk untuk 2 arah, menggunakan 15 unit kereta dengan biaya investasi kereta, konstruksi, pembangkit listrik, dan sistem sebesar Rp 494,000,000,000
4. Untuk skenario 4 dengan jumlah penumpang sebesar 12458 penumpang/jam sibuk untuk 2 arah, menggunakan 20 unit kereta dengan biaya investasi kereta, konstruksi, pembangkit listrik, dan sistem sebesar Rp 544,000,000,000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Charles R. Harrell dan Kerim Tumay, 1995, *Simulation Made Easy*, USA : Institute of Industrial Engineering, p.18.
- [2] Leland Blank dan Anthony Tarquin, 2002, *Engineering Economy 5th Edition*, New York : McGraw-Hill, Co, p.274.
- [3] Husnan, Suad dan Enny Pudjiastuti, 2002, *Dasar-Dasar Manajemen Keuangan*, Yogyakarta : AMP YKPN, p.206.
- [4] [http://www.bi.go.id/web/id/indikator + moneter + dan + perbankan/suku+bunga/](http://www.bi.go.id/web/id/indikator%20moneter%20dan%20perbankan/suku%20bunga/)