

Prediksi Dampak Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Pada Permintaan Perjalanan Udara Antar Provinsi di Pulau Sumatera

Andry Yuliyanto¹⁾, Kirtinanda P²⁾, Ariel Krisar Abyasa³⁾, M Reno Pranata⁴⁾

^{1, 2, 3, 4)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan,
Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan

Email: andry.yuliyanto@si.itera.ac.id¹⁾, kirtinanda@si.itera.ac.id²⁾,

email_author2@formalinstitusi³⁾, mreno.122210076@student.itera.ac.id⁴⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i2.1188>

(Received: 25 August 2024 / Revised: 15 September 2024 / Accepted: 25 September 2024)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi perpindahan perjalanan penumpang udara ke kendaraan bermotor akibat pembangunan jalan Tol Trans Sumatera dan kenaikan harga tiket pesawat. Rute Bandar Lampung – Palembang, Pekanbaru – Padang, dan Medan – Aceh dianalisis sebagai rute yang paling representatif menggambarkan situasi di Pulau Sumatera. Studi ini berfokus pada perjalanan antar kota dengan maksud perjalanan bisnis dan non bisnis. Variabel yang digunakan dalam studi ini yaitu waktu perjalanan, waktu tunggu, biaya perjalanan, tingkat keamanan, dan tingkat kenyamanan. Sebagai alat pengumpulan data digunakan teknik Stated Preference (SP) dan multinomial logit model untuk metodologi analisis. Model yang didapatkan menunjukkan biaya perjalanan dan waktu perjalanan merupakan variabel yang paling signifikan. Model ini juga menegaskan bahwa Jalan Tol Trans Sumatera berdampak pada penurunan permintaan perjalanan udara di Pulau Sumatera. Selain itu pelaku perjalanan non bisnis lebih mudah untuk berpindah moda dibandingkan dengan perjalanan bisnis. Penelitian ini menunjukkan bahwa penumpang pesawat bersifat inelastik terkait perubahan waktu tempuh dan biaya perjalanan.

Kata kunci: *Stated Preference, Multinomial Logit Model, Jalan Tol Trans Sumatera, Permintaan Perjalanan Udara*

Abstract

This study aims to analyze the factors that affect the potential transfer from air travel demand to the motorized vehicles due to the Trans Sumatra Toll Road construction and the increase in air ticket prices. Bandar Lampung – Palembang, Pekanbaru – Padang, and Medan – Aceh routes were assigned as the most representative routes for evaluating demand distribution in Sumatra. This study focuses on inter-city travel with business and non-business travel. The variables used in this study are travel time, time for waiting for the mode, travel costs, security level, and comfort level. To collect the data Stated Preference (SP) and multinomial logit model were used for the analysis. The model shows that travel costs and time are the most significant variables. This model also confirms that the Trans Sumatra Toll Road impacts decreasing demand for air travel on Sumatra Island. In addition, non-business travellers are more accessible to change modes than business trips. This research found that air passengers were inelastic related to changes in travel time and travel costs.

Keywords: *Stated Preference, Multinomial Logit Model, Trans Sumatra Toll Road, Air Demand*

1. Latar Belakang

Pulau Sumatera merupakan pulau terbesar keenam di dunia dan menurut luasnya, memiliki posisi strategis yang penting baik secara nasional maupun global (Kartomi, 2012). Pulau ini dikenal sebagai pusat produksi karet dan kelapa sawit (Hassler et al., 2017), serta menjadi sumber daya energi dengan pertambangan dan batu bara sebagai komponen utamanya (Friederich & van Leeuwen, 2017). Sebagai pintu gerbang utama Indonesia ke dunia, Pulau Sumatera berkontribusi lebih dari 20% terhadap pendapatan domestik bruto (Achmad & Hamzani, 2015). Dengan potensi ekonomi yang besar, pemerintah membangun Jalan Tol Trans Sumatera untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang dimiliki pulau ini.

Pemerintah Indonesia mempercepat pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera melalui Peraturan Presiden Nomor 117 Tahun 2015, sebagai bagian dari proyek strategis nasional dalam RPJMN 2020-2024. Tol ini akan mengurangi waktu perjalanan Lampung-Aceh dari 48 jam menjadi 30 jam, meningkatkan ekonomi dan kesejahteraan. Namun, kebijakan tarif Kementerian Perhubungan, seperti Peraturan Menteri Nomor 20 Tahun 2019 dan Keputusan Menteri Nomor 72 Tahun 2019, menyebabkan penurunan penumpang pesawat hingga 27,74% pada 2019, yang semakin buruk akibat pandemi Covid-19.

Kemajuan teknologi transportasi diukur dari kemampuan mengangkut barang atau orang jarak jauh dengan kecepatan, kenyamanan, dan keamanan yang meningkat, serta mendukung perdagangan dan interaksi peradaban. (Kenneth A. Small, 2013). Sistem transportasi adalah interaksi dinamis dan kompleks antara penumpang atau barang dengan sarana dan prasarana, bertujuan mencapai perpindahan berkelanjutan dan optimal dari satu tempat ke tempat lain. (Illahi & Mir, 2020). Sistem ini mencakup dua aspek fundamental sarana (misalnya mobil dan pesawat) dan prasarana (misalnya jalan tol dan bandara).

Terdapat berbagai gagasan atau konsep yang digunakan pada perencanaan dalam transportasi. Model perencanaan transportasi dengan empat tahapan adalah satu dari banyak model yang paling populer untuk digunakan (Tamin, 2000). Menurut (Taaffe et al., 1996), Model perencanaan transportasi, dikenal sebagai four steps model, melibatkan empat tahapan berkelanjutan. Tahapan tersebut meliputi Bangkitan dan Tarikan Pergerakan (*Trip Generation*), yang menganalisis asal dan tujuan perjalanan; Distribusi Pergerakan Lalu Lintas (*Trip Distribution*), yang mendistribusikan perjalanan ke lokasi-lokasi tujuan; Pemilihan Moda (*Mode Choice*), yang menentukan moda transportasi yang akan digunakan; dan Pemilihan Rute (*Trip Assignment*), yang menetapkan rute perjalanan dalam jaringan transportasi.

Menurut (Hobbs, 1979) bangkitan pergerakan mengacu pada jumlah aktivitas yang terjadi di suatu area penggunaan lahan dalam periode waktu tertentu. Menurut (Tamin, 2000), dalam analisis tersebut, dipilih moda transportasi yang paling dominan berperan dalam kegiatan transportasi di lokasi tersebut. Pemilihan moda ini mencakup berbagai jenis, mulai dari angkutan umum hingga kendaraan pribadi. Menurut (Wells, 1975), pemilihan rute bergantung pada pilihan rute yang didasarkan pada alternatif terpendek, termurah, dan tercepat.

Penelitian ini bertujuan mengumpulkan data karakteristik pelaku perjalanan dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan moda angkutan udara saat dihadapkan pada alternatif moda darat melalui Jalan Tol Trans Sumatera. Variabel yang diteliti meliputi biaya perjalanan, waktu tempuh, waktu tunggu,

keamanan, dan kenyamanan. Ruang lingkup penelitian mencakup perjalanan antar kota di Pulau Sumatera yang dilalui Jalan Tol Trans Sumatera.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini menggunakan metode survei bertingkat yang meliputi beberapa tahapan, mulai dari penyaringan awal, identifikasi latar belakang, pengumpulan data karakteristik dan persepsi responden, serta analisis data. Data diperoleh melalui wawancara mengenai karakteristik sosio-ekonomi, perjalanan, dan pemilihan moda transportasi responden. (Uncles, 1987). Selain itu, metode *stated preference* digunakan dalam penelitian ini, yang didasarkan pada variabel keselamatan (*safety*), kenyamanan perjalanan (*comfort*), waktu perjalanan (*time*), dan biaya perjalanan (*travel cost*) (Ortúzar & Willumsen, 2011). *Stated preference* dipilih untuk membandingkan moda transportasi baru dengan yang sudah ada. Metode ini mengukur utilitas relatif dari atribut-atribut pilihan, seperti warna, harga, dan efisiensi bahan bakar, untuk menganalisis preferensi responden terhadap karakteristik moda transportasi (Shang & Chandra, 2023). Persamaan yang digunakan yaitu

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

Keterangan:

U_{in} = Utilitas in

V_{in} = Variabel Deterministik

ε_{in} = Leak of knowledge

2.1 Stated Preference

Metode *stated preference* digunakan dalam perencanaan transportasi untuk mengumpulkan data melalui kuesioner yang meminta responden memilih atau meranking berbagai preferensi hipotesis. Metode ini menggunakan desain eksperimen untuk menyajikan alternatif yang bervariasi dan ortogonal, sehingga dampak setiap atribut mudah diidentifikasi (Ortúzar & Willumsen, 2011). Keuntungan utama adalah kemampuannya untuk mengukur respon terhadap semua atribut dengan jelas. Tahapannya mencakup identifikasi atribut utama, penyusunan preferensi yang realistis, dan strategi pengambilan sampel yang representatif. Kuesioner harus mudah dipahami dan logis, dengan respon berupa pilihan, penilaian, atau peringkat dari responden. (Ortúzar & Willumsen, 2011). Menurut (Kumar & Sinha, 2022), preferensi komuter yang berbeda membuat waktu perjalanan, biaya, keselamatan, kenyamanan, dan frekuensi menjadi faktor utama dalam pemilihan moda transportasi

Tabel 1 dalam penelitian ini mencakup atribut-atribut yang digunakan dalam survei *stated preference* untuk memahami pilihan moda transportasi responden setelah pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera. Pengumpulan data dilakukan melalui survei lapangan yang terbagi menjadi survei pendahuluan dan survei *stated preference*. Variabel terikat dalam tabel ini adalah pilihan moda transportasi, yaitu pesawat terbang, bus, dan mobil pribadi. Setiap moda transportasi dinilai berdasarkan atribut seperti total waktu perjalanan, total biaya perjalanan, keamanan, dan kenyamanan.

Tabel 1 Atribut *stated preference* yang akan digunakan

No	Variabel Terikat (Pilihan Moda)	Keterangan	Keterangan
1	Pesawat Terbang (Y=1)	Total Waktu Perjalanan (X_{11})	Waktu Perjalanan (Jam)
			Waktu Akses (Menit)
		Total Waktu Tunggu (X_{21})	Waktu Tunggu (Menit)
			Waktu Egress (Menit)
		Total Biaya Perjalanan (X_{31})	Tarif Pesawat Terbang (Rp)
		Keamanan (X_{41})	Aparat Keamanan (Sulit Ditemukan/Jarang Ditemukan/Mudah Ditemukan)
2	Bus (Y=2)		Suhu Pendingin Udara ($^{\circ}$ C)
		Kenyamanan (X_{51})	Legroom Kursi (cm)
		Total Waktu Perjalanan (X_{12})	Waktu Perjalanan (Jam)
			Waktu Akses (Menit)
		Total Waktu Tunggu (X_{22})	Waktu Tunggu (Menit)
			Waktu Egress (Menit)
3	Mobil Pribadi (Y=3)	Total Biaya Perjalanan (X_{32})	Tarif Bus (Rp)
		Keamanan (X_{42})	Aparat Keamanan (Sulit Ditemukan/Jarang Ditemukan/Mudah Ditemukan)
		Kenyamanan (X_{52})	Suhu Pendingin Udara ($^{\circ}$ C)
			Legroom Kursi (cm)
		Total Waktu Perjalanan (X_{13})	Waktu Perjalanan (Jam)
			Waktu Akses (Menit)
3	Mobil Pribadi (Y=3)	Total Waktu Tunggu (X_{23})	Waktu Tunggu (Menit)
			Waktu Egress (Menit)
		Total Biaya Perjalanan (X_{33})	Biaya Operasional dan Maintenance Kendaraan (Rp)
			Biaya Bahan Bakar Kendaraan (Rp)
			Tarif Jalan Tol (Rp)
		Keamanan (X_{43})	Aparat Keamanan (Sulit Ditemukan/Jarang Ditemukan/Mudah Ditemukan)
3	Mobil Pribadi (Y=3)	Kenyamanan (X_{53})	Suhu Pendingin Udara ($^{\circ}$ C)
			Legroom Kursi (cm)

2.2 Model Multinomial Logit

Setelah memperoleh data hasil survei *stated preference*, maka berikutnya yang akan dilakukan yaitu melakukan pengolahan data menggunakan model multinomial logit (MNL) dan untuk *software* yang dipakai yaitu *software PandasBiogeme* (Bierlaire, 2020). Metode ini dipilih karena dapat memodelkan perilaku perjalanan kompleks dengan matematika sederhana. Model ini didasarkan pada teori maksimalisasi utilitas (Uncles, 1987) dan menangani lebih dari dua alternatif, dengan asumsi kesalahan mengikuti distribusi Gumbel yang independen antar pilihan dan individu (Koppelman et al., 2006). Model multinomial logit digunakan untuk memodelkan perilaku pengguna transportasi, seperti dalam pemilihan jenis hubungan transportasi untuk perjalanan antarkota (Zhuk et al., 2020). Berdasarkan hasil analisis yang telah dipaparkan maka model yang diperoleh untuk memungkinkan penentuan keputusan dalam melakukan pemilihan moda disesuaikan pada setiap skenarionya dengan variabel waktu tempuh, tarif keamanan, dan kenyamanan.

Persamaan utilitas tiap moda melibatkan konstanta, waktu perjalanan, waktu tunggu, biaya, keamanan, dan kenyamanan dapat dilihat pada persamaan (2).

Probabilitas moda dihitung dari perbandingan eksponensial utilitas moda dengan total eksponensial utilitas semua moda, sebagaimana dalam persamaan (2).

$$U_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}X_{1i} + \beta_{2i}X_{2i} + \beta_{3i}X_{3i} + \beta_{4i}X_{4i} + \beta_{5i}X_{5i} \quad (2)$$

Keterangan:

- U_i : Utilitas moda i
- β_{0i} : konstanta untuk moda i
- β_{1i} : Koefisien waktu perjalanan untuk moda "i"
- X_{1i} : Waktu perjalanan moda i (Jam)
- β_{2i} : Koefisien waktu tunggu untuk moda i
- X_{2i} : Waktu tunggu kendaraan moda i (Rp)
- β_{3i} : Koefisien biaya perjalanan untuk moda "i"
- X_{3i} : Biaya perjalanan kendaraan moda i (Rp)
- β_{4i} : Koefisien Keamanan untuk moda i
- X_{4i} : Keamanan untuk moda i
- β_{5i} : Koefisien Kenyamanan untuk moda i
- X_{5i} : Kenyamanan untuk moda i

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_j e^{U_{nj}}} \quad (3)$$

Keterangan:

- P_i : Probabilitas moda i
- U_i : Utilitas untuk moda i
- U_{nj} : Jumlah utilitas untuk semua moda

Untuk perjalanan bisnis dan perjalanan non-bisnis, nilai R^2 adalah *McFadden's pseudo* R^2 (ρ^2), di mana nilai 0,2 hingga 0,4 dianggap cukup untuk merepresentasikan data yang ada. (Hensher & Stopher, 1979). *McFadden's pseudo* R^2 (ρ^2) memiliki rumus:

$$Pseudo R^2_{McFadden} = 1 - \frac{\ln(\text{likelihood of fitted model})}{\ln(\text{likelihood of null model})} \quad (4)$$

2.3 Metode Pengumpulan Data

Data primer diperlukan dalam penelitian ini dan dikumpulkan melalui survei lapangan, yang terbagi menjadi survei pendahuluan dan survei *stated preference*. Survei pendahuluan memastikan kuesioner lulus uji statistik. Karakteristik sosio-demografi seperti usia, jenis kelamin, dan pendapatan juga mempengaruhi pilihan moda. (Lin et al., 2018). Data dasar penelitian ini dikumpulkan melalui wawancara, mencakup tiga aspek yaitu karakteristik sosial-ekonomi responden (pendapatan bulanan, jenis kelamin, usia), karakteristik perjalanan (frekuensi dan asal tujuan perjalanan), serta karakteristik pemilihan moda (preferensi antara pesawat terbang atau kendaraan pribadi setelah pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera) dengan atribut meliputi keamanan, kenyamanan, waktu tempuh, dan biaya perjalanan.

Tabel 2 mencakup variabel-variabel untuk menganalisis karakteristik sosial-ekonomi, perjalanan, dan pemilihan moda responden. Variabel sosial-ekonomi meliputi jenis kelamin, umur, dan pendapatan bulanan. Karakteristik perjalanan mencatat frekuensi, maksud perjalanan (bisnis/non-bisnis), serta asal dan tujuan perjalanan. Selain itu, variabel pemilihan moda mencakup waktu, biaya, keamanan,

dan kenyamanan perjalanan. Data ini digunakan untuk memahami preferensi moda transportasi responden setelah pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera.

Tabel 2 Varibel penelitian

Parameter	Kategori	Keterangan
Karakteristik Sosial-Ekonomi	Jenis Kelamin	Laki-Laki
		Perempuan
	Umur	≤ 20 Tahun
		21-30 Tahun
		31-40 Tahun
		41-50 Tahun
		51-60 Tahun
	Pendapatan Perbulan	> 60 Tahun
		< Rp. 2.500.000
		Rp. 2.500.000 - Rp. 5.000.000
Rp. 5.000.000 - Rp. 10.000.000		
Rp. 10.000.000 - Rp. 25.000.000		
Rp. 25.000.000 - Rp.40.000.000		
Karakteristik Perjalanan	Frekuensi Perjalanan	> Rp. 40.000.000
		Setiap Minggu
		Dua Kali Sebulan
		Lebih Dua Kali Sebulan
		1-2 Kali Setahun
Karakteristik Pemilihan Moda	Maksud Perjalanan	1 kali Setahun
		Bisnis
	Asal dan Tujuan	Non Bisnis
		Provinsi
		Jam
		Rupiah
Keamanan		
Kenyamanan		

2.4 Desain Kuisisioner

Desain kuisisioner menggunakan metode *stated preference* (SP) untuk memilih antara pesawat terbang dan mobil pribadi melalui Tol Trans Sumatera. Teknik *fractional design* menghasilkan himpunan alternatif berdasarkan kombinasi atribut dan level (Kacker et al., 1991).

2.5 Penentuan Populasi dan Sampel

Menurut (Ortúzar & Willumsen, 2011), menjelaskan untuk menentukan total sampel *stated preference* yang akurat, digunakan 75-100 responden untuk setiap atribut. Setelah desain kuisisioner mendapatkan respons yang baik dari survei pendahuluan, survei utama (*real survey*) dilaksanakan. Referensi utama untuk metode ini adalah *buku Stated Choice Methods: Analysis and Application*. (Louviere et al., 2000a) Sebagai rekomendasi kebutuhan sampel, digunakan *Simple Random Sampling* (SRS). Penentuan jumlah sampel yang diperlukan dilakukan dengan menggunakan Persamaan (5).

$$n \geq \frac{q}{rpa^2} \Phi^{-1} \left(\frac{1+\alpha}{2} \right) \quad (5)$$

Keterangan:

- n = Jumlah Sampel
- p = *True Proportion*
- q = $1-p$
- a = *Relative Accuracy*
- Φ^{-1} = *Inverse Cumulative Normal Distribution*
- α = *Probability*
- r = *Choice Scenario*

Dari persamaan (4), maka dengan hasil yang didapatkan, dibutuhkan lebih dari 250 sampel untuk memenuhi kebutuhan sampel sesuai (Louviere et al., 2000a). Perhitungan probabilitas pemilihan moda dibandingkan dengan pesawat terbang dilakukan menggunakan Persamaan (6).

$$P_1 = \frac{e^{(U_1-U_2)}}{e^{(U_1-U_2)}+1} \quad (6)$$

2.6 Target Responden

Target responden pada penelitian ini yaitu masyarakat yang bepergian dari dan menuju Kota yang berada di Pulau Sumatera. Survei dilakukan terhadap masyarakat Pulau Sumatera dengan menyebarkan *form* kuesioner berbentuk *Google Form* secara online.

2.7 Survei Wawancara

Survei wawancara terdiri dari dua tahapan yaitu pendahuluan untuk memeriksa formulir, dan utama untuk memahami preferensi pemilihan moda transportasi. Metode bertingkat digunakan untuk menyaring, mengidentifikasi latar belakang, dan menilai karakteristik responden. Proses berurutan ini penting untuk memperoleh wawasan mendalam, karena faktor signifikan dalam pemilihan moda tidak dapat diperoleh dari data sekunder (Indriany et al., 2019). Tanggapan terhadap pemilihan moda diperoleh dengan menanyakan skenario variabel seperti tarif perjalanan, waktu, kenyamanan, dan keamanan. Moda transportasi yang dapat dipilih melalui Tol Trans Sumatera meliputi pesawat, bus, dan mobil pribadi.

2.8 Analisis Statistik Deskriptif

Menerapkan Metode statistik deskriptif untuk mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data kuantitatif dari survei wawancara. Data mentah diproses menggunakan tabel distribusi frekuensi dan grafik untuk memvisualisasikan tanggapan responden pada setiap faktor yang diteliti.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Desain Kuisisioner

Dalam kuisisioner, responden diberikan tiga set survei berdasarkan rute yang relevan: Bandar Lampung – Palembang, Pekanbaru – Padang, dan Medan – Banda Aceh. Setiap rute mencakup berbagai skenario yang berjumlah delapan, terkait karakteristik moda transportasi. Pemilihan moda didasarkan pada atribut yang ditentukan dalam skema survei, sebagaimana dijelaskan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Asumsi skema pemilihan moda

3.2 Karakteristik Pemilihan Moda

Skenario survei dibentuk berdasarkan atribut yang ditentukan: biaya perjalanan, waktu perjalanan, waktu tunggu, keamanan, dan kenyamanan. Waktu perjalanan yang disajikan mencakup waktu dalam kendaraan, bervariasi menurut kecepatan dan fleksibilitas moda transportasi. Biaya perjalanan meliputi pengeluaran seperti bahan bakar, tol, atau tarif kendaraan umum. Setiap moda memiliki waktu dan biaya yang dibagi menjadi tiga level. Responden akan disajikan rute dengan asal dan tujuan yang sesuai, dan detail waktu serta biaya perjalanan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Atribut waktu perjalanan (jam) dan biaya perjalanan (rupiah)

Tujuan	Level	Waktu Perjalan			Biaya Perjalanan		
		Moda			Moda		
		Mobil	Bus	Pesawat Terbang	Mobil	Bus	Pesawat Terbang
Aceh-Medan	1	6	6	1	Rp470.000	Rp200.000	Rp480.000
	2	7,5	7,5	2	Rp520.000	Rp250.000	Rp850.000
	3	10	10	3	Rp570.000	Rp300.000	Rp1.350.000
Pekanbaru-Padang	1	3,5	3,5	1	Rp240.000	Rp200.000	Rp300.000
	2	4	4	2	Rp270.000	Rp250.000	Rp525.000
	3	5,5	5,5	3	Rp300.000	Rp300.000	Rp850.000
Lampung-Palembang	1	3,5	3,5	1	Rp260.000	Rp200.000	Rp310.000
	2	4	4	2	Rp280.000	Rp275.000	Rp600.000
	3	5,5	5,5	3	Rp310.000	Rp350.000	Rp885.000

Atribut ini mengukur waktu tunggu untuk transportasi, di terminal untuk bus dan hingga boarding untuk pesawat. Waktu tunggu hanya relevan untuk bus dan pesawat, tidak berlaku untuk mobil pribadi yang dapat digunakan kapan saja. Detail waktu tunggu tercantum di Tabel 4.

Tabel 4 Atribut waktu tunggu (menit)

Level	Mobil	Bus	Pesawat Terbang
1	-	30	30
2	-	45	60
3	-	60	90

Atribut keamanan mencerminkan tingkat keamanan perjalanan, diwakili oleh jumlah aparat keamanan. Atribut kenyamanan mencakup suhu pendingin ruangan dan ruang kaki. Kedua atribut ini memiliki tiga level untuk setiap moda transportasi, sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 5.

Tabel 5 Atribut keamanan dan atribut kenyamanan

Level	Mobil		Bus		Pesawat Terbang	
	Keamanan	Kenyamanan	Keamanan	Kenyamanan	Keamanan	Kenyamanan
1	Aparat keamanan sulit ditemukan	Kondisi tidak nyaman (suhu pendingin 27 °C dan Legroom 72 cm)	Aparat keamanan sulit ditemukan	Kondisi tidak nyaman (suhu pendingin 27 °C dan Legroom 72 cm)	Aparat keamanan sulit ditemukan	Kondisi tidak nyaman (suhu pendingin 27 °C dan Legroom 72 cm)
2	Aparat keamanan jarang ditemukan	Kondisi cukup nyaman (suhu pendingin 22 °C dan Legroom 78 cm)	Aparat keamanan jarang ditemukan	Kondisi cukup nyaman (suhu pendingin 22 °C dan Legroom 78 cm)	Aparat keamanan jarang ditemukan	Kondisi cukup nyaman (suhu pendingin 22 °C dan Legroom 78 cm)
3	Aparat keamanan mudah ditemukan	Kondisi sangat nyaman (suhu pendingin 17 °C dan Legroom 81 cm)	Aparat keamanan mudah ditemukan	Kondisi sangat nyaman (suhu pendingin 17 °C dan Legroom 81 cm)	Aparat keamanan mudah ditemukan	Kondisi sangat nyaman (suhu pendingin 17 °C dan Legroom 81 cm)

3.3 Model Multinomial Logit

Model multinomial logit mengevaluasi pilihan moda transportasi dengan menganalisis variabel independen (durasi perjalanan, waktu tunggu, biaya, keamanan, kenyamanan) dan variabel dependen (pemilihan moda) menggunakan *PandasBiogeme* dengan bahasa pemrograman *Python*.

Tabel 6 Variasi modal dan uji kelayakan situasi perjalanan bisnis & non-bisnis

Model	Perjalanan Bisnis		Perjalanan Non-Bisnis		Model	Perjalanan Bisnis		Perjalanan Non-Bisnis	
	R ²	RMSE	R ²	RMSE		R ²	RMSE	R ²	RMSE
1	0,238	1,271	0,228	0,881	12	0,235	1,293	0,227	0,884
2	0,238	1,248	0,228	0,869	13	0,236	1,267	0,225	0,873
3	0,238	1,269	0,228	0,884	14	0,236	1,267	0,227	0,881
4	0,239	1,247	0,228	0,873	15	0,235	1,29	0,227	0,88
5	0,238	1,256	0,228	0,874	16	0,233	1,305	0,225	0,885
6	0,236	1,258	0,228	0,882	17	0,234	1,292	0,227	0,883
7	0,237	1,256	0,228	0,999	18	0,233	1,302	0,227	0,888
8	0,236	1,266	0,227	0,874	19	0,233	1,309	0,228	0,882
9	0,237	1,256	0,229	0,866	20	0,235	1,392	0,227	0,873
10	0,236	1,258	0,227	0,882	21	0,236	1,286	0,228	1,038
11	0,236	1,266	0,225	0,874	22	0,236	1,282	0,228	0,878

Berdasarkan data pada Tabel 8, ditemukan ketidakvalidan data untuk variabel yang divariasikan, ditunjukkan oleh nilai R² yang rendah, yaitu 0,239 untuk perjalanan bisnis dan 0,229 untuk perjalanan non-bisnis. Namun, nilai R² tersebut adalah *McFadden's pseudo R²* (p²), di mana nilai 0,2 hingga 0,4 dianggap cukup untuk merepresentasikan data yang ada

Model yang dipilih adalah model dengan R² terbesar, tidak memiliki *P-Value* lebih dari 0,05, dan sesuai dengan logika perjalanan. Untuk perjalanan bisnis, model yang dipilih memiliki fungsi utilitas:

$$U_{PESAWAT} = -0,256 + (-0,149X_{11}) + (-1,53 \times 10^{-6}X_{31}) + (0,14X_{41})$$

$$U_{BUS} = -1,62 + (-0,184X_{12}) + (-3,22 \times 10^{-6}X_{32})$$

$$U_{MOBIL} = 1,87 + (-0,223X_{13}) + (-4,79 \times 10^{-6}X_{33}) + (0,0384X_{53})$$

Untuk kondisi perjalanan non bisnis, fungsi utilitasnya:

$$U_{PESAWAT} = 0,516 + (-0,216X_{11}) + (-2,2 \times 10^{-6}X_{31}) + (0,0352X_{41})$$

$$U_{BUS} = -2,55 + (-0,103X_{12}) + (4,42 \times 10^{-7}X_{32}) + (0,00325X_{42})$$

$$U_{MOBIL} = 2,03 + (-0,26X_{13}) + (-4,22 \times 10^{-6}X_{33})$$

3.4 Interpretasi Model

Interpretasi model dilakukan dengan menafsirkan keseluruhan model dan menilai pengaruh masing-masing variabel yang didefinisikan. Proses ini memberikan pemahaman mendalam dan penjelasan terhadap hasil penelitian. (Mustain, 2015). Hasil model pada maksud perjalanan bisnis dan non bisnis terjadi seperti pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil model perjalanan bisnis

Nama	Perjalanan Bisnis			Perjalanan Non-Bisnis		
	Value	t-test	p-value	Value	t-test	p-value
ASC Bus	-1,62	-3,06	0,00218	-2,55	-8,33	0
ASC Mobil	1,82	3,16	0,00159	2,03	6,1	1,07E-09
ASC Pesawat	-0,256	-1,687	0,0492	0,516	2,39	0,0169
B_BIAYABUS	-3,22E-06	-1,41	0,0159	4,42E-07	0,394	0,0494
B_BIAYAMOBIL	-4,79E-06	-2,7	0,00699	-0,00000422	-4,41	0,0000103
B_BIAYA PESAWAT	-1,53E-06	-7,05	1,81E-12	-0,0000022	-17,2	0
B_KEAMANAN PESAWAT	0,14	1,87	0,042	0,00325	-0,0412	0,0467
B_KENYAMANAN MOBIL	0,0384	1,47	0,0438	0,0352	0,825	0,041
B_WPBUS	-0,184	-2,68	0,00743	-0,103	-3,2	0,00136
B_WPMOBIL	-0,223	-5,4	6,63E-08	-0,26	-11,4	0
B_WPPESAWAT	-0,149	-2,06	0,0394	-0,216	-5,54	2,96E-08

Tabel 7 menunjukkan bahwa moda pesawat memiliki koefisien negatif untuk perjalanan bisnis dan non-bisnis, berarti peningkatan biaya dan waktu perjalanan mengurangi pemilihan pesawat. P-value di bawah 0,05 menunjukkan signifikansi statistik setiap faktor.

3.5 Elastisitas Model

Analisis elastisitas mengukur sensitivitas perubahan variabel independen terhadap probabilitas pemilihan moda, membantu dalam pengambilan keputusan dengan memahami dampak perubahan variabel input (Sugiyanto & Sugiyanto, 2009). Uji elastisitas mengukur sensitivitas probabilitas pemilihan pesawat terhadap perubahan waktu dan biaya perjalanan bus, dengan dampak variabel ditunjukkan di Tabel 8.

Tabel 8 Perhitungan nilai elastisitas langsung

Variabel	Eksisting	Waktu Perjalanan	Biaya Perjalanan	Keamanan	
Perubahan	-	10%	10%	-1	
Waktu Perjalanan Pesawat Terbang (Jam)	3	3,3	3	3	
Biaya Perjalanan Pesawat Terbang (Rp)	480000	480000	528000	480000	
Keamanan Pesawat Terbang	2	2	2	1	
Probabilitas Pesawat	Bisnis	44,98	43,88	43,17	41,55
	Non Bisnis	37,1	35,61	34,68	36,29

Terbang (%)					
Elastisitas	Bisnis	-	-0,11	-0,181	0,103
	Non				
	Bisnis	-	-0,15	-0,243	0,025

Tabel 9 Perhitungan nilai elastisitas silang terhadap moda bus

Variabel	Eksisting	Waktu Perjalanan	Biaya Perjalanan
Perubahan	-	10%	10%
Waktu Perjalanan Bus (Jam)	7.5	8.25	7.5
Biaya Perjalanan Bus (Rp)	200000	200000	220000
Probabilitas Pesawat Terbang (%)	Bisnis	38,98	39,19
	Non Bisnis	30,47	30,59
Elastisitas	Bisnis	-	0,021
	Non Bisnis	-	0,012

Tabel 9 menunjukkan elastisitas silang moda bus. Peningkatan 10% dalam waktu perjalanan bus meningkatkan probabilitas pemilihan pesawat sebesar 0,021 (bisnis) dan 0,012 (non-bisnis). Peningkatan 10% dalam biaya bus meningkatkan probabilitas pemilihan pesawat sebesar 0,010 (bisnis) dan hampir tidak berpengaruh (non-bisnis).

Tabel 10 Perhitungan nilai elastisitas silang terhadap moda mobil

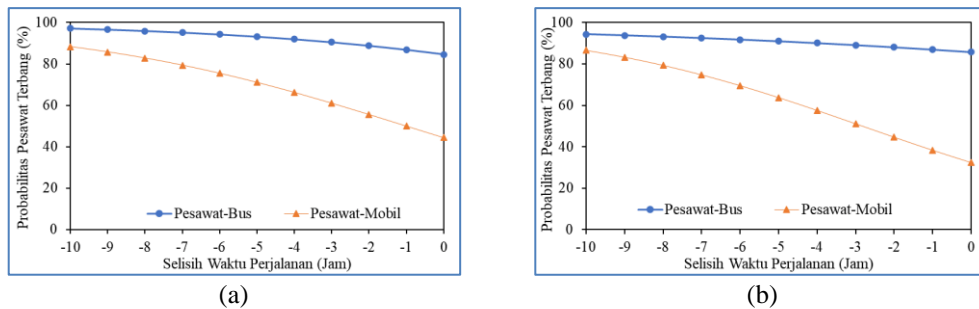
Variabel	Eksisting	Waktu Perjalanan	Biaya Perjalanan
Perubahan	-	10%	10%
Waktu Perjalanan Mobil (Jam)	6	6,6	6
Biaya Perjalanan Mobil (Rp)	500000	500000	550000
Probabilitas Pesawat Terbang (%)	Bisnis	51,9	54,97
	Non Bisnis	38,94	41,87
Elastisitas	Bisnis	-	0,307
	Non Bisnis	-	0,293

Tabel 10 menunjukkan bahwa perubahan waktu dan biaya perjalanan mobil lebih mempengaruhi pemilihan pesawat dibandingkan bus. Peningkatan 10% dalam waktu perjalanan mobil meningkatkan probabilitas pemilihan pesawat sebesar 0,307 (bisnis) dan 0,293 (non-bisnis), sementara peningkatan biaya mobil meningkatkan probabilitas sebesar 0,545 (bisnis) dan 0,386 (non-bisnis).

3.6 Perbandingan Moda dengan Pesawat Terbang

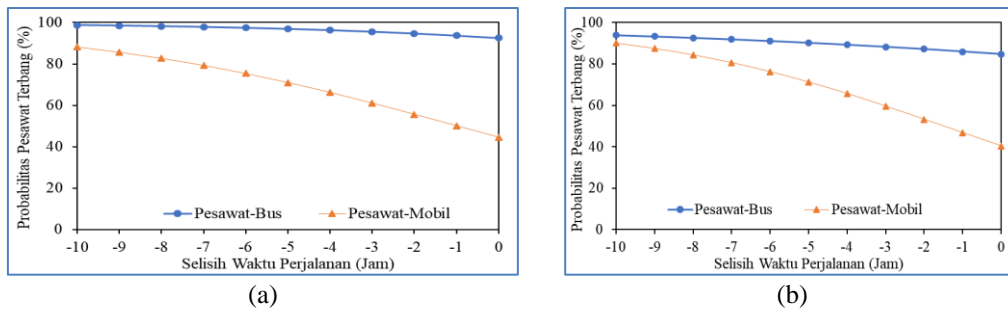
Perbandingan moda transportasi dengan pesawat terbang untuk mendeskripsikan probabilitas pemilihan setiap moda. Perhitungan probabilitas pemilihan moda dibandingkan dengan pesawat terbang dilakukan menggunakan Persamaan (6).

Dengan menggunakan asumsi yang telah di jelaskan pada sub-bab sebelumnya, probabilitas pemilihan moda transportasi pesawat terbang dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2 Perbandingan probabilitas moda terhadap waktu perjalanan pada (a) perjalanan bisnis, (b) perjalanan non bisnis

Grafik menunjukkan bahwa selisih waktu perjalanan yang lebih besar mengurangi probabilitas pemilihan pesawat. Pesawat-mobil lebih sensitif dibandingkan pesawat-bus. Pelaku bisnis cenderung memilih pesawat, sedangkan pelaku non-bisnis menunjukkan kecenderungan berbeda.



Gambar 3 Perbandingan probabilitas moda terhadap biaya perjalanan pada (a) perjalanan bisnis, (b) perjalanan non-bisnis

Grafik menunjukkan bahwa selisih biaya perjalanan yang lebih besar menurunkan probabilitas pemilihan pesawat. Perbandingan antara pesawat-bus dan pesawat-mobil menunjukkan bahwa pesawat-mobil lebih sensitif. Pelaku bisnis cenderung memilih pesawat, sedangkan pelaku non-bisnis memiliki kecenderungan berbeda.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan menyoroti beberapa temuan penting terkait pemilihan moda transportasi pada perjalanan bisnis dan non-bisnis. Pertama, karakteristik perjalanan menunjukkan dominasi perjalanan non-bisnis dengan frekuensi mayoritas terjadi pada 1-2 perjalanan pesawat per tahun. Hal ini dipengaruhi oleh pandemi yang memengaruhi ketersediaan dan harga tiket pesawat di Pulau Sumatera. Selain itu, mayoritas responden memiliki pendapatan di bawah Rp. 2.500.000 per bulan. Kedua, dalam pemilihan moda pada perjalanan bisnis, biaya perjalanan, waktu perjalanan, dan tingkat keamanan secara signifikan memengaruhi keputusan responden. Namun, waktu tunggu dan tingkat

kenyamanan tidak signifikan dalam pengaruhnya. Elastisitas biaya perjalanan terbesar terdapat pada moda mobil. Terakhir, analisis sensitivitas menunjukkan bahwa perjalanan non-bisnis lebih sensitif terhadap biaya dan waktu perjalanan, sementara perjalanan bisnis lebih peka terhadap tingkat keamanan. Hasil ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang faktor-faktor yang memengaruhi pemilihan moda transportasi, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk kebijakan transportasi yang lebih efektif dan efisien di masa mendatang.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk menyesuaikan variabel dengan konteks studi, mengingat kenyamanan mungkin berbeda di setiap studi. Penelitian lebih mendalam diperlukan untuk memahami keunggulan pesawat dibandingkan moda lain. Evaluasi Jalan Tol Trans Sumatera harus mempertimbangkan perbedaan ekonomi dan sosial antara moda pesawat dan jalan tol untuk setiap rute. Selain itu, kajian lebih lanjut diperlukan pada waktu tunggu, biaya perjalanan, dan keamanan, yang sangat mempengaruhi pemilihan pesawat terbang.

Daftar Kepustakaan

- Achmad, D., & Hamzani, U. (2015). The Role Of Regional Superior Sectors In Creating GDP Value Added, Employment Opportunity, Regional Productivity And Human Development Index. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 211, 953–959. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.126>
- Al-Salih, W. Q., & Esztergár-Kiss, D. (2021). Linking Mode Choice With Travel Behavior By Using Logit Model Based On Utility Function. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 4332, 13(8), 4332. <https://doi.org/10.3390/su13084332>
- Bierlaire, M. (2020). A Short Introduction To Pandalogeme. *A Short Introduction To Pandalogeme*.
- Friederich, M. C., & Van Leeuwen, T. (2017). A Review Of The History Of Coal Exploration, Discovery And Production In Indonesia: The Interplay Of Legal Framework, Coal Geology And Exploration Strategy. *International Journal Of Coal Geology*, 178, 56–73. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.04.007>
- Hassler, E., Corre, M. D., Kurniawan, S., & Veldkamp, E. (2017). Soil Nitrogen Oxide Fluxes From Lowland Forests Converted To Smallholder Rubber And Oil Palm Plantations In Sumatra, Indonesia. *Biogeosciences*, 14(11), 2781–2798. <https://doi.org/10.5194/bg-14-2781-2017>
- Illahi, U., & Mir, M. S. (2020). Development Of Indices For Sustainability Of Transportation Systems: A Review Of State-Of-The-Art. *Ecological Indicators*, 118, 106760. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106760>

- Indriany, S., Widyantoro, A., & W, I. W. (2019). Analisis Pemilihan Moda Dengan Model Multinomial Logit Untuk Perjalanan Kerja Dari Kota Tangerang Selatan-Dki Jakarta. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1). <https://doi.org/10.30811/PORTAL.V10I1.972>
- Kacker, R. N., Lagergren, E. S., & Filliben, J. J. (1991). Taguchi's Orthogonal Arrays Are Classical Designs Of Experiments. *Journal Of Research Of The National Institute Of Standards And Technology*, 96(5), 577. <https://doi.org/10.6028/JRES.096.034>
- Koppelman, F. S., & Bhat, C. (2006). *A Self Instructing Course In Mode Choice Modeling: Multinomial And Nested Logit Models*.
- Kumar, S., & Sinha, S. (2022). Heterogeneity Based Mode Choice Behaviour For Introduction Of Sustainable Intermediate Public Transport (IPT) Modes. *Civil Engineering Journal*, 8(3), 531–548. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-03-09>
- Lin, X., Susilo, Y. O., Shao, C., & Liu, C. (2018). The Implication Of Road Toll Discount For Mode Choice: Intercity Travel During The Chinese Spring Festival Holiday. *Sustainability (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/Su10082700>
- Mustain, I. (2015). Kemampuan Membaca Dan Interpretasi Grafik Dan Data: Studi Kasus Pada Siswa Kelas 8 SMPN Iing Mustain. *SCIENTIAE EDUCATIA*, 5(2). www.syekhnurjati.ac.id
- Ortúzar, J. De D., & Willumsen, L. G. (2011). Modelling Transport. *Modelling Transport*. <https://doi.org/10.1002/9781119993308>
- Sugiyanto, G., & Sugiyanto. (2009). Elastisitas Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Kebutuhan Angkutan Umum Di London Dan Yogyakarta. In *Jurnal Transportasi* (Vol. 9, Issue 1).
- Wells, G. Ronald. (1975). *Comprehensive Transport Planning*. 147.
- Zhuk, M., Pivtorak, H., Kovalyshyn, V., & Gits, I. (2020). Development Of A Multinomial Logitmodel To Choose A Transportation Mode For Intercity Travel. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 3(3–105), 69–77. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205868>
- Hensher, D. A., & Stopher, P. R. (1979). *Behavioural travel modelling* (1st ed.). Routledge. <https://www.routledge.com/Behavioural-Travel-Modelling/Hensher-Stopher/p/book/9780367741020>
- Hobbs, F. D. (Frederick D. (1979). *Traffic planning and engineering*. Pergamon Press. <http://www.sciencedirect.com:5070/book/9780080226972/traffic-planning-and-engineering>
- Kartomi, M. (2012). *Musical journeys in Sumatra*. University of Illinois Press.
- Kenneth A. Small. (2013). Regional and Urban Economics Parts 1 & 2. In *Regional and Urban Economics Parts 1*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781315077161>
- Louviere, J. J., Hensher, D. A., & Swait, J. D. (2000a). *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge University Press. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=nk8bpTjutPQC&oi=fnd&pg=PR9&dq=stated+choice+methods+analysis+and+applications&ots=WCSlejglo9&sig=Xg6RHc8iko2huRC-rVXhvZSukII&redir_esc=y#v=onepage&q=stated%20choice%20methods%20analysis%20and%20applications&f=false

- Shang, L., & Chandra, Y. (2023). An Overview of Stated Preference Methods: What and Why. In *Discrete Choice Experiments Using R* (pp. 1–7). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4562-7_1
- Taaffe, E. J., Gauthier, H. L., & O`Kelly, M. (1996). *Geography of Transportation* (Second Edition). Prentice-Hall. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=N60qf7WynaEC&oi=fnd&pg=PR1&dq=taaffe+four+step+model&ots=TRd_7IyMFp&sig=qKcT4KI6Wb_-tKwffwiuySoNYT4&redir_esc=y#v=onepage&q=taaffe%20four%20step%20model&f=false
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. Penerbit ITB.
- Uncles, M. D. (1987). Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. In *Journal of the Operational Research Society* (Vol. 38, Issue 4). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1057/JORS.1987.63>