

Perencanaan Fasilitas Penyeberangan Orang di Koridor Bypass Ngurah Rai-Matahari Terbit

Stefanus Sylvan Ryanto^{*,1}, Muhammad Nur Wahid¹, Ni Luh Kadek Rizka Padmini¹,

Dewa Gede Satria Wibawa Resiartha¹, Made Budiarta¹, Nindy Oktavia¹

¹Program Studi Manajemen Transportasi Jalan, Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cempaka Putih, Ds. Samsam, Kec. Kerambitan, Tabanan, Bali, 82161, Indonesia

*E-mail: sylvan@poltradabali.ac.id

Diterima: 25 Februari 2025, direvisi: 12 Mei 2025, disetujui: 3 Juni 2025,
tersedia daring: 27 Juni 2025, diterbitkan: 30 Juni 2025

Abstrak

Interaksi antara kendaraan bermotor dan pejalan kaki di kawasan wisata perkotaan seperti akses menuju Pelabuhan Sanur, Denpasar, menyebabkan potensi konflik lalu lintas yang tinggi akibat ketiadaan fasilitas penyeberangan yang aman dan layak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kebutuhan penyediaan fasilitas penyeberangan tidak sebidang serta menyusun desain konseptual jembatan penyeberangan orang (JPO) yang sesuai dengan karakteristik tapak dan perilaku pengguna. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis PV^2 sebagai hasil perkalian volume pejalan kaki dan kuadrat volume kendaraan, evaluasi teknis spasial berdasarkan standar nasional, serta observasi perilaku pejalan kaki di lapangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai PV^2 mencapai 11.311.538.981 pada akhir pekan dan 11.895.240.476 pada hari kerja, yang secara signifikan melampaui ambang batas kelayakan pembangunan JPO. Evaluasi teknis mengungkap bahwa lokasi memiliki median dan ruang vertikal yang mencukupi, namun memerlukan pelebaran trotoar dan penguatan aksesibilitas. Observasi menunjukkan bahwa sebagian besar pejalan kaki masih menyeberang langsung di permukaan jalan karena faktor kenyamanan dan efisiensi waktu, sehingga desain JPO harus mengakomodasi preferensi pengguna. Berdasarkan hasil tersebut, dirancang konsep awal JPO yang memperhatikan prinsip aksesibilitas universal, integrasi spasial dengan simpul transportasi, dan fitur keamanan pengguna. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan fasilitas pejalan kaki di kawasan perkotaan padat, sekaligus menunjukkan bahwa pendekatan terpadu antara analisis lalu lintas, evaluasi teknis, dan respons perilaku diperlukan untuk menghasilkan solusi infrastruktur yang adaptif dan aplikatif.

Kata kunci: Aksesibilitas jalan, analisis PV^2 , fasilitas pejalan kaki, keselamatan lalu lintas, perilaku menyeberang.

Abstract

Planning of crossing facilities in the Sanur Port access area: The interaction between motorized vehicles and pedestrians in urban tourist areas, such as the access corridor to Sanur Port in Denpasar, creates a high potential for traffic conflicts due to the absence of adequate and safe pedestrian crossing facilities. This study aims evaluate the necessity of providing a grade-separated pedestrian crossing facility and to propose a conceptual design for a pedestrian overpass (JPO) tailored to the site's characteristics and user behavior. The research employs a quantitative approach using PV^2 analysis defined as the product of pedestrian volume and the square of vehicle volume, technical spatial evaluations based on national design standards, and field observations of pedestrian behavior. The results show that PV^2 values reached 11,311,538,981 on weekends and 11,895,240,476 on weekdays, which substantially exceed the eligibility threshold for overpass construction. Technical evaluation indicates that the site provides sufficient median width and vertical clearance, although improvements in sidewalk width and pedestrian accessibility are required. Observational findings indicate that most pedestrians continue to cross at-grade due to convenience and time efficiency, emphasizing the need for a user-centered overpass design. In response, a conceptual design is proposed that incorporates principles of universal accessibility, spatial integration with nearby transport nodes, and user safety features. The findings of this study provide a reference for pedestrian infrastructure in dense urban areas and highlight the importance of integrating traffic analysis, technical feasibility, and behavioral response to develop adaptive and practical design solutions.

Keywords: Crossing behavior, pedestrian facilities, PV^2 analysis, road accessibility, traffic safety.

1. Pendahuluan

Keselamatan pejalan kaki merupakan isu krusial dalam perencanaan transportasi perkotaan karena kelompok pengguna jalan menyumbang proporsi yang signifikan terhadap korban kecelakaan lalu lintas global [1]. Di kawasan Asia Tenggara, tekanan mobilitas perkotaan dan aktivitas pariwisata memperbesar intensitas interaksi antara pejalan kaki dan kendaraan bermotor, sehingga meningkatkan potensi konflik pada koridor akses utama. Pembangunan Pelabuhan Sanur dan pengoperasian mendorong peningkatan signifikan pergerakan orang dan kendaraan di koridor Bypass Ngurah Rai–Akses Matahari Terbit, yang tercermin dalam data operasional pelabuhan dan laporan situasional setempat [2][3]. Data kecelakaan lalu

lintas kumulatif menunjukkan adanya masalah keselamatan yang nyata di level kota dan lokal: Tercatat 223 kejadian yang melibatkan pejalan kaki di wilayah Denpasar dan total 121 kejadian kecelakaan di kawasan Sanur untuk periode kumulatif 2023–2024. Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan aktivitas transportasi tidak hanya berdampak pada kinerja lalu lintas, tetapi juga meningkatkan paparan risiko keselamatan bagi pejalan kaki. Oleh karena itu, kondisi empiris tersebut menuntut evaluasi sistematis terhadap opsi fasilitas penyeberangan pada tapak studi mulai dari alternatif sebidang hingga solusi tidak-sebidang sebagai upaya intervensi yang terukur untuk mengurangi konflik dan meningkatkan keselamatan publik.

Data statistik menunjukkan bahwa hanya dalam waktu tiga minggu pertama pascaoperasional, Pelabuhan Sanur telah melayani lebih dari 148.000 penumpang [4], dan angka tersebut meningkat menjadi lebih dari 3,07 juta penumpang hingga November 2023 [5]. Lonjakan permintaan tersebut mengindikasikan terjadinya peningkatan tekanan lalu lintas, baik kendaraan bermotor maupun pejalan kaki, pada titik akses pelabuhan. Berbagai laporan juga menunjukkan terjadinya kemacetan dan potensi konflik antara pejalan kaki dan kendaraan bermotor di ruas akses tersebut [5][6]. Hasil survei lapangan penelitian ini mengonfirmasi tingginya paparan konflik lalu lintas: intensitas pejalan pada jam puncak berkisar pada 119–149 orang/jam, sementara akumulasi volume kendaraan pada periode puncak berada pada orde ribuan kendaraan. Kombinasi kedua variabel tersebut menghasilkan nilai PV^2 yang secara kuantitatif menempatkan lokasi studi pada kategori *warrant* awal untuk intervensi fasilitas penyeberangan. Situasi ini memunculkan kebutuhan akan fasilitas penyeberangan yang aman dan efisien bagi pejalan kaki: Pilihan intervensi dapat meliputi penyeberangan sebidang (mis. *zebra cross* atau penyeberangan bersinyal), penyeberangan tidak sebidang (*JPO/overpass*), atau penyeberangan bawah tanah (*underpass*). Isu ini menjadi sentral karena keselamatan pejalan kaki telah dijamin dan diprioritaskan dalam kerangka hukum nasional melalui Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan [7].

Penentuan jenis fasilitas penyeberangan yang tepat memerlukan pendekatan berlapis: Pertama menggunakan kriteria *warrant* kuantitatif seperti metode PV^2 yang menghitung hasil $P \times V^2$ untuk mengidentifikasi kebutuhan awal; kedua menilai kelayakan teknis dan *fit-for-purpose* di tapak; dan ketiga mempertimbangkan aspek perilaku pengguna serta implikasi operasional [8][9]. Metode PV^2 telah digunakan secara luas dalam berbagai studi internasional sebagai indikator awal (*preliminary warrant*) dalam menentukan kelayakan pembangunan fasilitas penyeberangan tidak sebidang maupun alternatif sebidang [8][9], dan panduan teknis nasional di Indonesia juga mengakui PV^2 sebagai salah satu pertimbangan awal yang mengintegrasikan prinsip aksesibilitas universal dan keselamatan pengguna jalan [10].

Namun, efektivitas pembangunan fasilitas penyeberangan tidak hanya bergantung pada pemenuhan kriteria kuantitatif seperti PV^2 , melainkan juga pada faktor-faktor perilaku dan preferensi pengguna jalan. Penelitian terdahulu mengungkapkan bahwa rendahnya tingkat pemanfaatan fasilitas penyeberangan sering kali disebabkan oleh desain yang kurang ramah pengguna, jarak *detour* yang jauh, kurangnya elemen keselamatan dan kenyamanan, serta minimnya *wayfinding* yang memadai [10][11][12]. Oleh karena itu, pembangunan fasilitas penyeberangan yang efektif memerlukan integrasi pendekatan kuantitatif dan kualitatif, termasuk di dalamnya analisis persepsi pengguna serta penyesuaian desain terhadap karakteristik tapak.

Sejauh ini, belum terdapat kajian yang secara spesifik mengkaji perencanaan fasilitas penyeberangan di ruas Bypass Ngurah Rai–Akses Matahari Terbit dengan mempertimbangkan dinamika arus pejalan kaki, arus kendaraan, kecepatan kendaraan, serta persepsi pengguna secara simultan. Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian yang belum mengaitkan hasil perhitungan PV^2 dengan kondisi aktual di lapangan secara komprehensif, khususnya pada kawasan wisata dengan pola pergerakan yang fluktuatif. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kondisi geometrik saat ini dan operasional koridor studi, (2) menilai kebutuhan pembangunan fasilitas penyeberangan menggunakan pendekatan PV^2 dan kriteria teknis nasional, (3) mengevaluasi kelayakan konseptual pembangunan fasilitas penyeberangan melalui pengukuran volume kendaraan, volume pejalan kaki, dan kecepatan kendaraan,

serta (4) merumuskan rekomendasi desain fasilitas penyeberangan yang sesuai dengan prinsip aksesibilitas, keselamatan, dan kenyamanan pengguna jalan.

Artikel ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengambilan keputusan berbasis data dalam pembangunan fasilitas penyeberangan yang aman dan efektif di kawasan wisata–pelabuhan, memperkaya literatur akademik terkait pemanfaatan PV^2 , dan integrasi perspektif pengguna dalam perencanaan transportasi perkotaan.

2. Metodologi

2.1. Kerangka Konseptual

Pemilihan metode dalam penelitian ini didasarkan pada pendekatan PV^2 , yaitu indikator kuantitatif untuk menentukan jenis fasilitas penyeberangan tidak sebidang berdasarkan interaksi antara intensitas pejalan kaki (P) dan volume kendaraan bermotor (V) pada jam sibuk. Secara matematis, indikator ini rujuk ke (1).

$$PV^2 = P \times V^2 \quad (1)$$

dengan P adalah jumlah pejalan kaki yang menyeberang per jam pada titik kajian, dan V adalah volume kendaraan bermotor per jam yang melintasi titik konflik yang sama [8]. Metode ini telah digunakan secara luas dalam perencanaan fasilitas pejalan kaki di berbagai negara sebagai *preliminary warrant* sebelum penetapan fasilitas penyeberangan [8][9]. Dalam konteks pedoman nasional Indonesia, nilai ambang $PV^2 > 2 \times 10^8$ direkomendasikan sebagai kriteria awal untuk pembangunan fasilitas penyeberangan tidak sebidang [10], sedangkan beberapa studi internasional menerapkan ambang lebih tinggi bergantung pada karakteristik lalu lintas dan asumsi metodologis setempat [13]. Oleh karena itu, interpretasi hasil PV^2 dalam studi ini didasarkan pada pedoman Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki tahun 2023 sebagai rujukan utama, sementara praktik internasional digunakan sebagai konteks komparatif dalam pembahasan. Penelitian oleh Bhuiyan *et al.* menunjukkan bahwa PV^2 sangat efektif dalam lingkungan dengan intensitas kendaraan tinggi dan pola lintas pejalan kaki tidak teratur [9].

Namun, keandalan PV^2 perlu dilengkapi dengan analisis perilaku pengguna. Studi berbasis *Theory of Planned Behavior* (TPB) menunjukkan bahwa keberhasilan fasilitas penyeberangan dalam menurunkan paparan risiko tidak hanya ditentukan keberadaannya secara fisik, tetapi juga oleh persepsi keamanan, kenyamanan, aksesibilitas, serta desain yang ramah pengguna [14][15]. Oleh karena itu, dalam konteks Indonesia, termasuk pada simpul seperti Pelabuhan Sanur, pendekatan PV^2 perlu diperkaya dengan asesmen spasial-geometrik dan pemahaman perilaku pengguna jalan. Regulasi nasional menjadi referensi penting. Surat Edaran DJBM No. 07/SE/Db/2023 menyatakan bahwa fasilitas penyeberangan perlu mempertimbangkan *connectivity*, *safety features*, dan *universal design* dalam perencanaannya [10].

Dalam penelitian ini, parameter P didefinisikan sebagai jumlah total pejalan kaki yang menyeberang pada titik lokasi studi dalam satu jam puncak, dihitung dari kedua arah penyeberangan. Sementara itu, parameter V merepresentasikan volume total kendaraan bermotor dari dua arah lalu lintas yang melintasi titik konflik yang sama. Pendekatan penjumlahan dua arah ini dipilih karena arus kendaraan dari kedua arah secara simultan menjadi sumber konflik potensial bagi pejalan kaki yang menyeberang dari kedua sisi jalan [8][9][10]. Definisi operasional ini bertujuan memastikan validitas representasi PV^2 sebagai alat analisis eksposur konflik aktual antara arus pejalan kaki dan kendaraan bermotor di lapangan.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis survei lapangan. Data primer diperoleh melalui tiga jenis survei utama: (1) inventarisasi geometrik jalan, yang mencakup pengukuran lebar lajur, trotoar, median, serta titik akses menuju Pelabuhan Sanur–Pantai Matahari Terbit, (2) survei volume kendaraan, yang dilakukan dengan teknik *manual counting* pada jam sibuk (*peak hour*) untuk menghitung jumlah kendaraan yang melintasi ruas jalan pada arah timur–barat dan barat–timur, serta (3) survei volume pejalan kaki, yang bertujuan mencatat jumlah pejalan kaki yang menyeberang pada jam sibuk yang sama dengan volume kendaraan. Seluruh kegiatan survei tersebut dilaksanakan dalam rentang pengamatan sepanjang ± 100 meter dari titik penyeberangan utama, sesuai prinsip zona pengaruh

penyeberangan yang direkomendasikan dalam Pedoman Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki, sehingga data yang dikumpulkan merepresentasikan kondisi konflik aktual antara pejalan kaki dan kendaraan pada segmen kritis akses pelabuhan.

Data sekunder dikumpulkan dari Kepolisian Kota Denpasar yang mencakup rekapitulasi kecelakaan lalu lintas yang melibatkan pejalan kaki pada wilayah Denpasar dan kawasan Sanur selama periode kumulatif 2023–2024. Data ini digunakan sebagai penguat konteks risiko dan urgensi keselamatan pejalan kaki pada lokasi studi, sekaligus sebagai dasar empiris untuk menjustifikasi perlunya evaluasi fasilitas penyeberangan yang lebih aman. Data sekunder lainnya adalah dokumen regulatif dari Direktorat Jenderal Bina Marga terkait pedoman teknis fasilitas penyeberangan [9].

Kombinasi data primer dan sekunder ini memungkinkan validasi silang antara kondisi empiris di lapangan dengan standar teknis dan rekam jejak keselamatan. Teknik pengumpulan data primer dilakukan secara langsung di lokasi selama periode hari kerja dan akhir pekan untuk menangkap variasi temporal. Setiap sesi survei dilakukan selama 12 jam pengamatan (07.00–19.00 WITA). Berdasarkan hasil pengamatan ini akan dipilih jam puncak bagi pejalan kaki maupun kendaraan yang melintas. Strategi ini merujuk pada pendekatan survei lalu lintas yang umum digunakan dalam studi perencanaan fasilitas pejalan kaki [16][17].

2.3. Pengolahan Data

Data hasil survei diolah menggunakan pendekatan kuantitatif. Untuk volume kendaraan dan pejalan kaki, dilakukan rekapitulasi ke dalam format tabulasi jam sibuk yakni pada pukul 17.00–18.00 WITA. Volume kendaraan dikelompokkan menurut arah pergerakan, sedangkan volume pejalan kaki dihitung dari total penyeberang di kedua arah. Tahap selanjutnya adalah perhitungan PV^2 , yaitu metode yang mengalikan volume pejalan kaki per jam (P) dengan kuadrat volume kendaraan per jam (V^2). Formula PV^2 digunakan secara luas sebagai indikator fasilitas penyeberangan tidak sebidang [8][10]. Nilai PV^2 yang dihasilkan lalu dibandingkan dengan kriteria kelayakan yang tercantum pada Pedoman Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki Bina Marga [10]. Selain itu, data inventarisasi geometrik jalan diolah untuk memeriksa kesesuaian dimensi trotoar, median, serta ruang akses dengan standar minimum teknis pembangunan JPO. Pendekatan ini mengintegrasikan data kuantitatif (PV^2) dengan asesmen teknis spasial sesuai pedoman perencanaan jalan [10].

2.4. Metode Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan komprehensif. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan fasilitas penyeberangan menggunakan metode PV^2 , yang mengalikan volume pejalan kaki (P) dengan kuadrat volume kendaraan (V^2) pada periode puncak. Dalam konteks lokasi studi, nilai V dihitung sebagai jumlah total volume kendaraan dari dua arah lalu lintas. Pendekatan ini dipilih karena arus kendaraan dari kedua arah secara bersamaan menjadi konflik potensial terhadap pejalan kaki yang menyeberang dari kedua sisi jalan. Karakteristik koridor akses Pelabuhan Sanur yang melayani aktivitas pejalan kaki intensif dari dua sisi menjadikan perhitungan total ΣV relevan dan representatif terhadap tingkat eksposur aktual. Jika nilai PV^2 melebihi ambang batas ($\geq 10^{10}$), maka secara teoritis direkomendasikan pembangunan fasilitas penyeberangan tidak sebidang, seperti jembatan penyeberangan orang (JPO) [9][13].

Tahap kedua adalah analisis kelayakan teknis, yang dilakukan dengan membandingkan hasil inventarisasi geometrik kondisi saat ini di lapangan dengan standar nasional [10]. Parameter yang dievaluasi mencakup lebar trotoar, ketinggian ruang bebas, lebar dan kelandaian *ramp*, serta kelengkapan jalur akses. Evaluasi ini bertujuan untuk menilai kondisi tapak memenuhi persyaratan minimum untuk pembangunan JPO yang aman, ramah difabel, dan sesuai dengan regulasi teknis [18]. Dengan demikian, hasil evaluasi tidak hanya menunjukkan kesesuaian geometrik, tetapi juga tingkat keterjangkauan dan integrasi ruang bagi pengguna jalan [17].

Tahap ketiga adalah analisis perilaku dan keselamatan pejalan kaki, yang dilakukan melalui interpretasi literatur mutakhir. Kajian ini menekankan bahwa keberhasilan fungsi JPO tidak hanya ditentukan oleh kebutuhan kuantitatif dan kelayakan teknis, tetapi juga oleh preferensi perilaku pejalan kaki dalam memilih menyeberang sebidang, persepsi terhadap keamanan fasilitas, serta keberadaan



Gambar 1. Lokasi kajian akses Pelabuhan Sanur pada koridor Jalan Bypass Ngurah Rai–Matahari Terbit.

atribut pendukung seperti pencahayaan, CCTV, pagar pengarah transparan, dan lokasi titik *landing* yang tidak memerlukan *detour* berlebih [11][14].

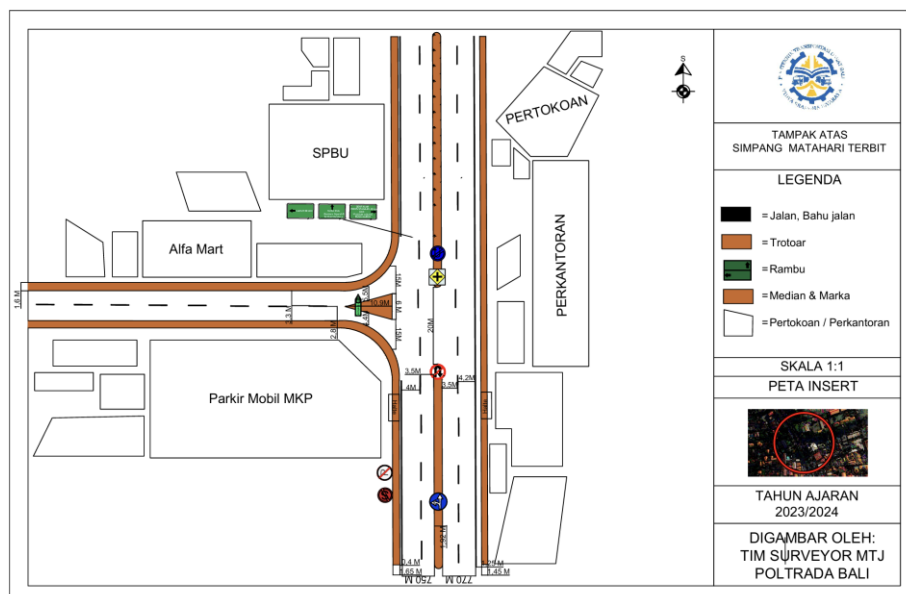
Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengandalkan hasil kuantitatif PV^2 sebagai satu-satunya dasar pengambilan keputusan, melainkan juga mengintegrasikan aspek teknis dan perilaku secara menyeluruh. Pendekatan ini dirancang untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih realistis, fungsional, dan aplikatif terhadap kelayakan pembangunan JPO di koridor Bypass Ngurah Rai–Akses Matahari Terbit.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Fisik dan Geometrik Lokasi Studi

Lokasi studi berada pada Jalan Bypass Ngurah Rai dan ruas Akses Matahari Terbit merupakan jalur utama menuju Pelabuhan Sanur dan kawasan wisata Pantai Matahari Terbit sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Secara geometrik, ruas jalan Bypass Ngurah Rai memiliki 2 lajur per arah, dengan median pembatas, dan akses langsung ke pelabuhan Sanur. Pengukuran lapangan menunjukkan lebar lajur kendaraan berkisar antara 3,25–3,5 meter, trotoar selebar $\pm 1,2$ meter, serta median jalan selebar ± 2 meter. Terdapat halte, zona parkir, dan jalur pejalan kaki yang belum tersambung secara kontinu pada sisi barat koridor. Lokasi penyeberangan pejalan kaki belum tersedia secara formal, sehingga pejalan kaki menyeberang langsung di permukaan jalan tanpa perlindungan. Untuk memberikan gambaran spasial, dokumentasi visual kondisi jalan ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Penampang atas Simpang Matahari Terbit akses masuk Pelabuhan Sanur.

Tabel 1. Volume pejalan kaki.

Waktu	Hari Kerja		Akhir Pekan	
	Timur-Barat	Barat-Timur	Timur-Barat	Barat-Timur
05.00-06.00	2	1	11	25
06.00-07.00	8	16	8	90
07.00-08.00	0	45	17	41
11.00-12.00	15	14	7	3
12.00-13.00	8	5	4	3
13.00-14.00	2	4	3	3
16.00-17.00	38	24	38	62
17.00-18.00	92	27	126	23
18.00-19.00	19	2	22	17
19.00-20.00	4	4	7	8

Tabel 2. Volume kendaraan.

Waktu	Hari Kerja		Akhir Pekan	
	Utara-Selatan	Selatan-Utara	Utara-Selatan	Selatan-Utara
17.00 - 17.15	940	1.508	1.053	1.122
17.15 - 17.30	915	1.514	1.061	1.170
17.30 - 17.45	950	1.597	1.089	1.118
17.45 - 18.00	901	1.673	1.035	1.065

Secara visual dan spasial, titik persilangan kendaraan dan pejalan kaki terjadi di area dengan bidang pandang terbatas, terutama pada sore hari saat volume kendaraan meningkat dan arah matahari menghadap pengguna jalan. Kondisi ini meningkatkan potensi konflik lalu lintas yang signifikan. Keberadaan bangunan komersial, area parkir kendaraan, dan aktivitas keluar-masuk pelabuhan semakin mempertinggi intensitas interaksi antara moda, khususnya antara kendaraan dan pejalan kaki.

3.2. Volume Kendaraan dan Pejalan Kaki

Data volume diperoleh berdasarkan survei volume kendaraan yang melintasi ruas Jalan Bypass Ngurah Rai dan volume pejalan kaki yang menyeberang di ruas Jalan Bypass Ngurah Rai pada akses masuk Matahari Terbit. Pengambilan data dilakukan pada hari kerja (*weekday*) dan akhir pekan (*weekend*). Ringkasan hasil survei volume disajikan pada Tabel 1 sebagai dasar analisis.

Dari Tabel 1, terlihat bahwa volume pejalan kaki tertinggi pada akhir pekan yaitu pukul 17.00-18.00 WITA dengan jumlah pejalan kaki yang menyeberang sebanyak 149 orang dan pada hari kerja yaitu pukul 17.00-18.00 WITA dengan jumlah pejalan kaki yang menyeberang sebanyak 119 orang. Penentuan volume kendaraan pada akhir pekan dan hari kerja disesuaikan pada waktu yang bersamaan dengan jumlah pejalan kaki terbanyak saat menyeberang yaitu pukul 17.00-18.00 WITA.

Total volume kendaraan pada jam puncak akhir pekan mencapai 8.713 kendaraan yang melintas dan volume kendaraan di hari kerja 9.998. Kondisi ini menunjukkan adanya korelasi kuat antara aktivitas pariwisata, aktivitas harian, dan intensitas lalu lintas.

3.3. Analisis Kelayakan Fasilitas Penyeberangan Pejalan Kaki

Tahap analisis digunakan untuk menetapkan jenis fasilitas penyeberangan pejalan kaki yang paling sesuai dengan kondisi eksisting di lokasi penelitian. Analisis ini dilakukan dengan menerapkan model PV^2 sebagaimana diformulasikan pada Kerangka Konseptual; nilai PV^2 dihitung untuk periode jam puncak pejalan (17.00–18.00 WITA) dan interpretasinya merujuk pada ambang *warrant* yang dipakai dalam studi ini sebagaimana tercantum pada Pedoman Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki. Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 3 yang memuat nilai P , V , dan PV^2 pada sesi jam puncak.

Tabel 3. Nilai PV^2 .

Waktu	Total Kendaraan (V)		Total Pejalan Kaki (P)	Nilai PV^2	Hasil Akhir
	Utara-Selatan	Selatan-Utara			
Akhir pekan	4.238	4.475	149	11.311.538.981	>1 x 1010
Hari kerja	3.706	6.292	119	11.895.240.476	>1 x 1010

Berdasarkan Tabel 3, Nilai PV^2 pada sesi puncak hari kerja mencapai 11.895.240.476, sedangkan pada akhir pekan mencapai 11.311.538.981. Kedua nilai PV^2 tersebut melampaui ambang batas *warrant* 10^8 yang digunakan dalam studi ini ($PV^2 > 2 \times 10^8$) berdasarkan Pedoman Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki [10]. Nilai tersebut bahkan melewati ambang batas 10^9 yang digunakan dalam praktik perencanaan di Asia Tenggara untuk ruas jalan perkotaan berintensitas tinggi [13]. Lebih lanjut, jika dibandingkan dengan kota-kota lain yang menerapkan standar serupa, nilai PV^2 pada lokasi studi lebih tinggi dari ambang yang digunakan di beberapa kota besar di Asia Tenggara. Studi oleh Alhajyaseen *et al.* menyatakan bahwa ruas jalan dengan PV^2 di atas 10^8 tanpa pengamanan seperti jembatan penyeberangan orang cenderung memiliki *crash rate* yang meningkat dua hingga tiga kali lipat dalam jam sibuk [13]. Hal ini diperkuat dengan intensitas wisatawan di koridor Bypass Ngurah Rai—Matahari Terbit yang tidak hanya berasal dari pengguna rutin, tetapi juga kelompok rentan seperti lansia, anak-anak, dan wisatawan mancanegara. Berdasarkan realitas tersebut, nilai PV^2 yang tinggi menjadi indikator teknis yang relevan untuk menjustifikasi pembangunan fasilitas JPO sebagai solusi prioritas sejalan dengan kriteria. Maka, hasil kuantitatif ini sudah menjawab salah satu tujuan utama penelitian, yaitu menilai kebutuhan fasilitas penyeberangan berbasis lalu lintas pejalan kaki dan kendaraan.

Temuan ini menunjukkan bahwa kondisi arus kendaraan dan pejalan kaki sudah melewati ambang fasilitas penyeberangan tidak sebidang, sehingga pembangunan jembatan penyeberangan orang layak secara kuantitatif dari sisi intensitas lalu lintas. Keadaan ini menunjukkan bahwa pembangunan JPO tidak sekadar disarankan, melainkan sudah masuk dalam kategori mendesak secara teknis. Jika tidak segera dibangun, lokasi ini berpotensi tinggi mengalami kecelakaan pejalan kaki, terutama saat lonjakan aktivitas wisata pada akhir pekan dan musim libur. Potensi tingginya angka kecelakaan ini dipicu oleh kecenderungan pejalan kaki untuk menyeberang sebidang, sebuah fenomena yang menyebabkan rendahnya efektivitas JPO di berbagai daerah, seperti yang terjadi di Sibolga [19].

Hasil temuan ini sejalan pula dengan kajian di beberapa kota Asia yang menunjukkan bahwa nilai PV^2 tinggi pada ruas arteri dengan kepadatan pejalan kaki signifikan menuntut penerapan fasilitas tidak sebidang, asalkan kondisi geometrik memungkinkan [8][20]. Berdasarkan hasil penghitungan tersebut, fasilitas penyeberangan yang paling tepat untuk dibangun sesuai dengan kondisi tersebut adalah jembatan penyeberangan (JPO) sejalan dengan rekomendasi dari Pedoman Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki [10].

3.4. Kelayakan Teknis Penempatan Fasilitas Penyeberangan

Analisis kelayakan teknis dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting terhadap standar dari Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga (SE DJBM) Nomor 07 Tahun 2023 [10]. Kesesuaian lokasi pembangunan JPO ditinjau dari dimensi geometrik dan ketersediaan ruang dengan mengacu pada standar teknis nasional. Hasil evaluasi tersebut disajikan dalam Tabel 4.

Perbandingan antara kondisi eksisting dan standar teknis nasional dirangkum dalam Tabel 4 tersebut. Beberapa parameter dalam kolom kondisi eksisting diberi label N/A (*Not Applicable*) karena hingga saat ini belum terdapat struktur JPO yang terbangun di lokasi studi. Oleh karena itu, beberapa aspek seperti tinggi ruang bebas, panjang ramp, dan fasilitas struktural lainnya belum dapat diukur secara langsung di lapangan. Meski demikian, parameter tersebut tetap ditampilkan untuk memberikan gambaran mengenai persyaratan teknis minimum yang harus dipenuhi apabila pembangunan JPO akan direalisasikan. Evaluasi lapangan menunjukkan bahwa secara umum ketersediaan ruang horizontal dan vertikal sangat memadai untuk pembangunan fasilitas JPO sesuai standar. Ruang bebas vertikal tidak terhalangi kabel tegangan

Tabel 4. Tinjauan kelayakan teknis.

No.	Parameter	Standar Pedoman Bina Marga 2023	Eksisting	
			Utara-Selatan	Selatan-Utara
1	Lebar elevator	≥ 2 m	1,45 m	1,65 m
2	Ketinggian JPO	$\geq 5,1$ m	N/A	N/A
3	Lebar JPO	≥ 2 m	N/A	N/A
4	Tinggi tanjakan	15-18 cm	N/A	N/A
5	Lebar injakan	30 cm	N/A	N/A
6	Lebar ramp sisi tengah	0,75 m	N/A	N/A
7	Tinggi pegangan rambat	0,80 m	N/A	N/A
8	Kelandaian elevator	0.08	N/A	N/A
9	Panjang ramp	≤ 9 m	N/A	N/A
10	Ruang datar	$\geq 1,5 \times 1,5$ m	N/A	N/A
11	Penempatan JPO	Tidak boleh mengurangi lebar efektif trotoar	Akan mengurangi	Akan mengurangi

menengah maupun rambu jalan utama, dan bahu jalan cukup lebar untuk pembangunan struktur penyangga dan aksesibilitas ramp.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa lebih dari 70% parameter memenuhi syarat teknis minimum, dengan kekurangan hanya pada lebar trotoar dan kualitas konektivitas ke simpul angkutan umum. Salah satu parameter krusial adalah lebar ramp. Nilai lebar 0,75 m yang sebelumnya diusulkan tidak memenuhi prinsip akses universal, karena standar internasional dan nasional merekomendasikan $\geq 1,5$ meter untuk akomodasi kursi roda, pengguna disabilitas, serta handrail di kedua sisi ramp [10][21]. Oleh karena itu, lebar ramp perlu disesuaikan demi memenuhi standar inklusivitas dan keselamatan. Selanjutnya, estimasi panjang ramp juga perlu disesuaikan secara realistis. Sesuai dengan standar aksesibilitas internasional seperti *Americans with Disabilities Act* (ADA), kemiringan ramp yang umum digunakan adalah 1:12, yang setara dengan 8,33% [22]. Namun, untuk perhitungan yang lebih presisi, kemiringan 8% secara matematis ekuivalen dengan rasio 1:12,5 (1 meter vertikal / 12,5 meter horizontal). Oleh karena itu, untuk mencapai ketinggian 5,1 meter dengan kemiringan tepat 8%, panjang ramp yang dibutuhkan adalah 63,75 meter (5,1 m / 0,08).

Panjang ini belum termasuk landing horizontal setiap 9 meter, sebagaimana disyaratkan untuk mencegah kelelahan fisik pengguna dan mendukung aspek ergonomi. Konfigurasi ramp dapat diatur dalam bentuk zig-zag (*switchback*) dengan platform istirahat pada tiap interval elevasi 0,75–1,0 m. Oleh karena itu, meskipun parameter-parameter ini belum dapat diukur secara aktual, secara teknis tidak ada hambatan berarti untuk realisasi fasilitas tersebut dalam konteks tapak eksisting. Namun, pembangunan JPO harus disertai dengan rekayasa lanjutan seperti pelebaran trotoar, perbaikan perkerasan, penataan zona parkir, integrasi ramp ke trotoar, serta penggunaan struktur ringan dengan sistem elevasi otomatis jika diperlukan.

Terdapat beberapa temuan visual penting yang harus mendapat perhatian dalam perancangan fasilitas penyeberangan orang pada tapak studi. Lokasi saat ini tidak terdapat lampu penyeberangan atau rambu peringatan yang mengingatkan pengemudi terhadap keberadaan pejalan kaki, sehingga potensi konflik meningkat pada titik-titik akses. Kondisi ini diperparah oleh ketiadaan pagar pembatas pada median, yang memudahkan terjadinya penyeberangan di titik-titik sembarangan; hal tersebut berimplikasi pada gangguan sirkulasi lalu lintas dan peningkatan risiko keselamatan. Selain itu, tidak ditemukan marka penyeberangan/zebra cross yang menandai lokasi prioritas menyeberang, padahal pada segmen ini terdapat dua halte bus yang biasa dipakai pejalan kaki untuk mengakses Pelabuhan Sanur. Temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa perancangan fasilitas penyeberangan perlu mengombinasikan solusi infrastruktur dengan rekayasa tata ruang halte dan manajemen perilaku pejalan.

Sebagai bagian dari strategi integrasi, JPO direncanakan ditempatkan di atas lokasi halte yang saling berhadapan, sehingga perpindahan pejalan dari titik turun-naik ke lintasan penyeberangan vertikal memerlukan detour minimal dan aksesibilitas universal dapat dipenuhi melalui ramp dan/atau elevator.

Inventarisasi menunjukkan bahwa halte eksisting terletak sangat dekat ke sumbu simpang akses Pelabuhan Sanur (± 20 m), kondisi yang kurang memadai dari sisi buffer operasi simpang dan jarak pandang pengemudi. Untuk mengatasi hal ini, diusulkan relokasi halte sejauh 50 m ke arah hulu (sebelum simpang); langkah ini menempatkan JPO yang berada di atas halte pada jarak 50 m dari simpang sehingga memisahkan zona konflik vertikal (akses pejalan) dari area pengaruh simpang. Perhitungan jarak pandang henti (J_h) berdasarkan kecepatan operasi lapangan menghasilkan $J_h \approx 34,3$ m (arah utara→selatan) dan $\approx 43,2$ m (arah selatan→utara); oleh karena itu jarak *set-back* 50 m melebihi kebutuhan J_h maksimum dan memberikan cadangan keselamatan yang konservatif. Pemindahan halte ke posisi ini juga menyediakan ruang yang cukup untuk *landing ramp*, area orientasi pejalan (*wayfinding*), serta *buffer* antrian kendaraan sehingga fungsi operasional simpang tidak terganggu.

Selanjutnya, rancangan harus memasukkan elemen-elemen pendukung seperti *wayfinding signage*, pencahayaan, CCTV, pagar pengarah di median, serta kesinambungan akses dengan halte dan titik naik-turun kendaraan umum. Integrasi komprehensif ini tidak hanya memenuhi aspek teknis dan aksesibilitas, tetapi juga meningkatkan keberterimaan sosial dan keselamatan operasional; bukti lapangan dan literatur menunjukkan bahwa JPO yang diintegrasikan dengan desain halte dan perlengkapan pendukung memiliki peluang pemanfaatan yang lebih tinggi dan mengurangi perilaku menyeberang berbahaya [28][29]. Oleh karena itu, langkah-langkah rekayasa ruang yang mengedepankan keterpaduan fungsi (halte-JPO-simpang) sangat krusial untuk memastikan bahwa fasilitas tidak menjadi *underutilized* dan benar-benar menurunkan risiko kecelakaan pada koridor akses pelabuhan [23].

3.5. Implikasi Terhadap Perilaku Pejalan Kaki dan Tingkat Pemanfaatan Fasilitas

Efektivitas fasilitas JPO tidak hanya ditentukan oleh keberadaan fisiknya, melainkan juga oleh tingkat pemanfaatannya oleh pengguna jalan. Studi perilaku menunjukkan bahwa pejalan kaki cenderung mengabaikan JPO jika desainnya dianggap tidak efisien, tidak aman, atau memerlukan *detour* yang jauh dari rute aslinya [14][15]. Hal ini relevan dengan temuan di lokasi studi dengan pejalan kaki secara konsisten menyeberang langsung di permukaan jalan walaupun volume kendaraan cukup tinggi. Mereka menyatakan lebih memilih menyeberang langsung di permukaan jalan karena lebih cepat, meskipun menyadari bahayanya. Temuan ini menguatkan bahwa perencanaan fasilitas penyeberangan tidak sebidang harus mempertimbangkan aspek aksesibilitas, efisiensi rute, dan keamanan langsung, bukan hanya keberadaan fisik fasilitas itu sendiri. Pilihan ini diambil karena tidak adanya fasilitas penyeberangan formal dan keinginan untuk menghemat waktu serta tenaga. Maka, JPO yang dibangun tanpa mempertimbangkan preferensi dan kenyamanan pengguna cenderung tidak akan digunakan secara optimal.

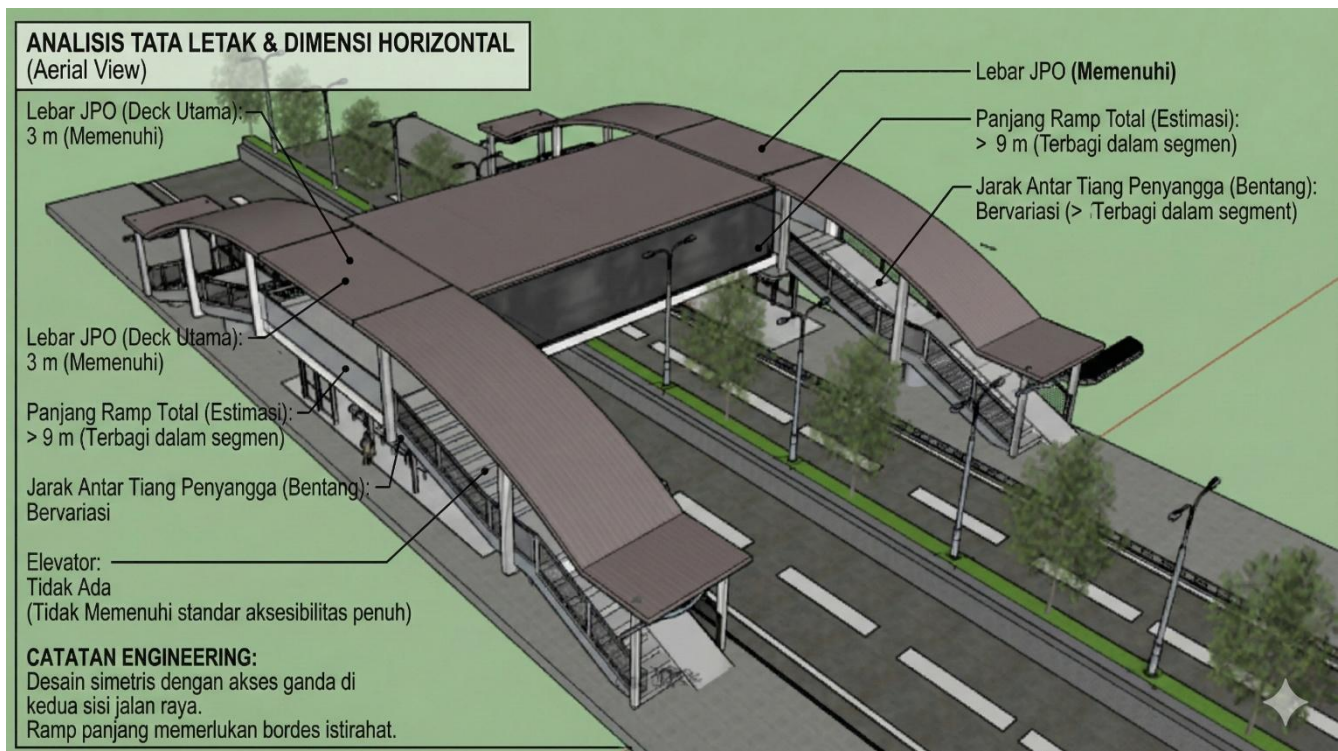
Hasil observasi visual dan wawancara informal mendukung temuan tersebut. Sebagian besar responden (93%) menyatakan bahwa mereka bersedia menggunakan JPO jika desainnya tidak terlalu tinggi, memiliki *ramp* yang landai, dan dilengkapi pencahayaan serta pengamanan. Temuan ini mendukung argumen bahwa pendekatan desain harus memperhatikan prinsip *human-centered* dengan fasilitas dibangun berdasarkan kebutuhan nyata dan perilaku aktual pengguna [24]. Oleh karena itu, pendekatan teknis perlu diintegrasikan dengan pendekatan perilaku agar menghasilkan solusi yang tidak hanya layak, tetapi juga efektif dan berkelanjutan. Tanpa integrasi ini, JPO akan menjadi infrastruktur yang hadir secara simbolik, tetapi gagal menjawab masalah keselamatan secara substantif.

3.6. Relevansi dan Inovasi Desain JPO yang Diusulkan

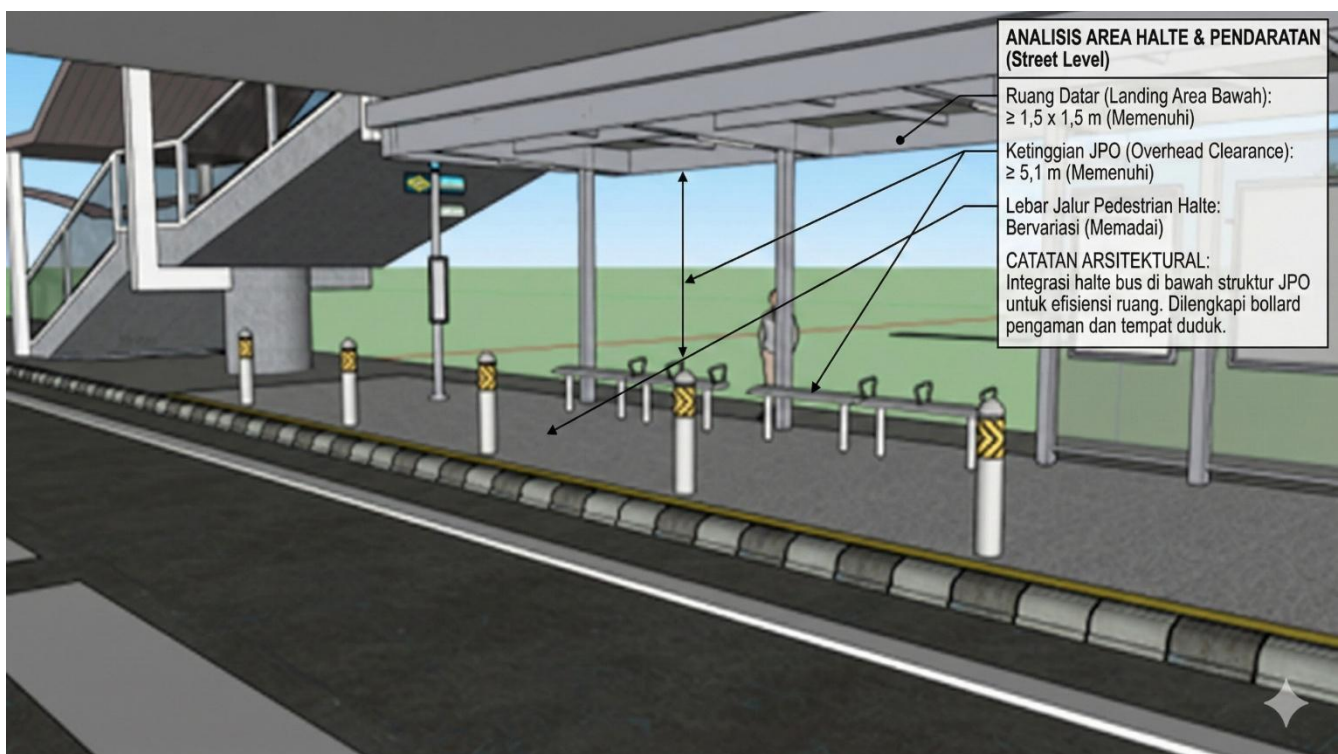
Sebagai respons terhadap perencanaan dan tantangan teknis serta perilaku, penelitian ini menyajikan desain konseptual JPO yang disesuaikan dengan karakteristik lokasi studi. Rancangan ini mengakomodasi prinsip aksesibilitas universal, yaitu kelandaian *ramp* maksimal 1:12, serta struktur modular yang memudahkan adaptasi terhadap kondisi tapak. Penggunaan material ringan dan transparan juga diusulkan untuk meningkatkan visibilitas, keamanan, dan daya tarik visual bagi pejalan kaki. Fokus pada elemen-elemen ini sejalan dengan studi kepuasan pengguna di Surabaya, yang mengidentifikasi atribut seperti lantai tidak licin, pencahayaan, dan keamanan sebagai prioritas utama bagi pejalan kaki [25]. Selain itu, studi terbaru menemukan bahwa tingkat penggunaan JPO secara nyata dipengaruhi oleh persepsi keselamatan, pencahayaan, kemiringan tangga, dan visibilitas area sekitar [26][27]. Oleh karena itu,

desain JPO yang berorientasi pada pengguna harus mempertimbangkan aspek visual dan kenyamanan agar mampu meningkatkan niat serta kepatuhan pejalan kaki dalam jangka Panjang [9][12].

Desain ini divisualisasikan dalam Gambar 3 - Gambar 8, yang memuat tampak atas dan samping dari struktur JPO dengan ramp spiral, atap pelindung, dan sistem pencahayaan alami yang cukup.



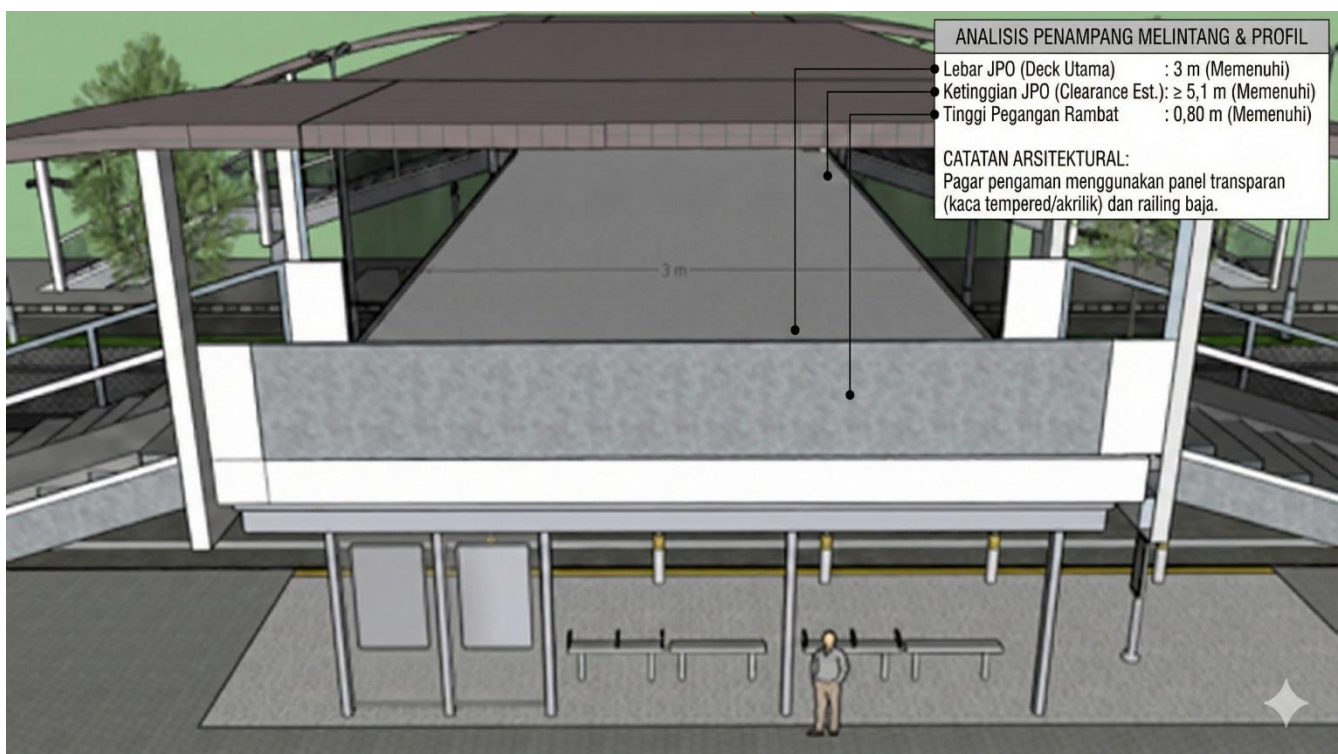
Gambar 3. Desain JPO tampak atas.



Gambar 4. Desain JPO tampak depan halte.



Gambar 5. Desain JPO tampak depan.



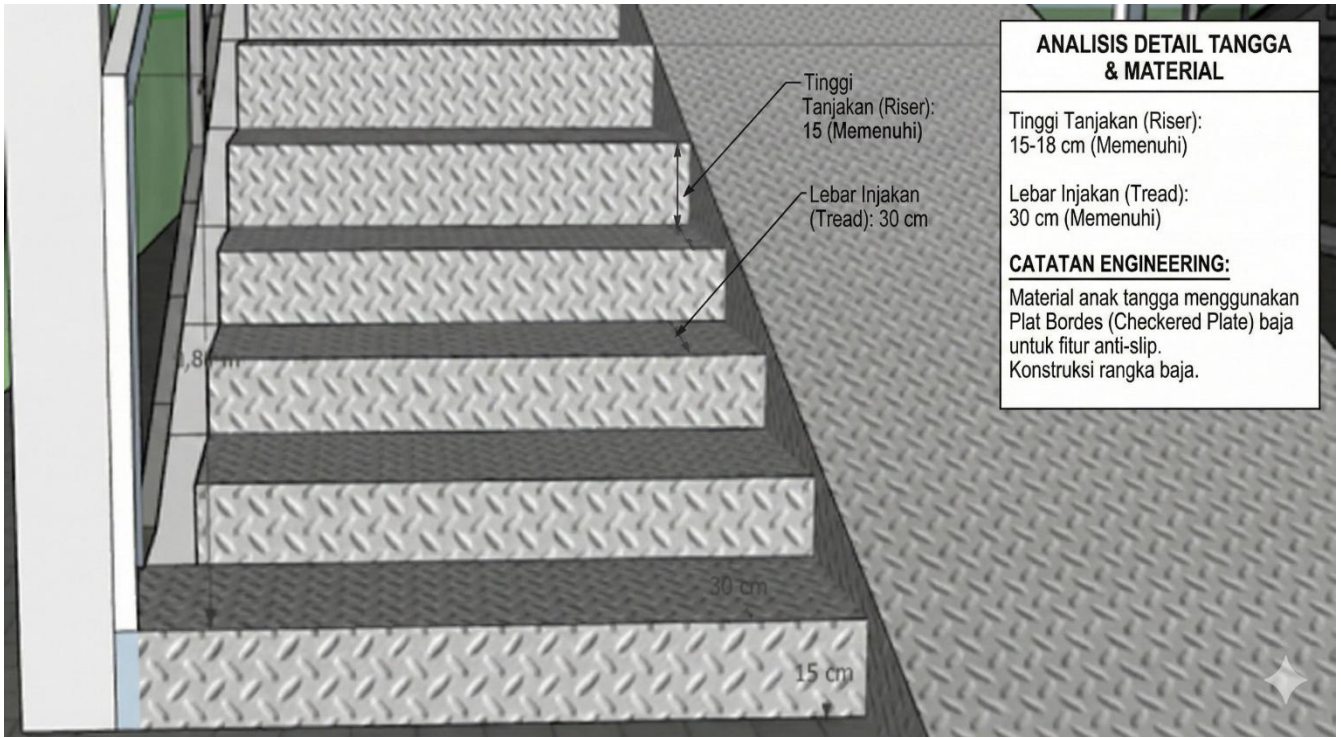
Gambar 6. Desain JPO samping 1.

Desain ini mempertimbangkan kebutuhan pengguna dari berbagai latar belakang, termasuk wisatawan, lansia, dan penyandang disabilitas. Dengan demikian, rancangan ini tidak hanya menjawab aspek teknis, tetapi juga memperhatikan keberterimaan sosial dari fasilitas tersebut. Elemen penting lain yang disertakan adalah *wayfinding signage*, CCTV, pagar pembatas di median, serta keterpaduan dengan halte atau titik naik turun kendaraan umum. Integrasi elemen-elemen seperti pencahayaan, CCTV, dan pagar pengarah ini merupakan praktik terbaik yang terbukti efektif dalam meningkatkan keselamatan pejalan kaki secara signifikan di berbagai implementasi global [28][29]. Rancangan semacam ini sejalan

dengan praktik baik internasional yang mendorong integrasi antara desain mikro dan sistem jaringan transportasi secara keseluruhan. Oleh karena itu, desain ini dapat menjadi contoh model implementatif yang dapat direplikasi di lokasi lain dengan kondisi serupa.



Gambar 7. Desain JPO tampak samping 2.



Gambar 8. Desain tangga.

3.7. Kontribusi Penelitian dan Implikasi Praktis

Penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap perencanaan transportasi perkotaan berbasis data dan konteks lokal. Dari sisi akademik, studi ini mengoperasionalkan metode PV^2 dengan mempertimbangkan variasi temporal, intensitas wisata, dan keterbatasan ruang di kawasan studi. Integrasi antara data lalu lintas, evaluasi teknis, perilaku pengguna, dan desain konseptual menjadikan pendekatan ini komprehensif dan aplikatif. Hasil penelitian ini sejalan dengan kecenderungan global yang menekankan perlunya integrasi antara model kuantitatif seperti PV^2 dan penilaian perilaku pengguna dalam perencanaan fasilitas penyeberangan yang berkelanjutan [30]. Penelitian ini juga mengisi kesenjangan dalam literatur nasional yang selama ini lebih banyak berfokus pada aspek teknis semata tanpa mempertimbangkan perilaku atau integrasi spasial. Oleh karena itu, artikel ini memperkuat pendekatan interdisipliner dalam perencanaan infrastruktur pejalan kaki.

Dari perspektif kebijakan, pendekatan ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pembangunan fasilitas pejalan kaki berbasis bukti. Instansi seperti Dinas Perhubungan dan Bina Marga dapat memanfaatkan kerangka analisis ini dalam menetapkan prioritas pembangunan fasilitas tidak sebidang. Hasil dan desain yang ditawarkan dapat langsung diadopsi atau dikembangkan lebih lanjut untuk keperluan *detail engineering design* (DED). Dengan demikian, penelitian ini bukan hanya berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga berfungsi sebagai *policy paper* yang dapat diimplementasikan dalam kebijakan publik sektor transportasi.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan analisis berbasis PV^2 , yang dikombinasikan dengan evaluasi teknis geometrik dan pertimbangan perilaku pengguna, merupakan metode yang efektif dan kontekstual dalam menentukan kebutuhan pembangunan fasilitas penyeberangan tidak sebidang. Temuan pada koridor akses Pelabuhan Sanur menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas dan pejalan kaki telah berada pada tingkat interaksi yang memerlukan intervensi infrastruktur segera. Berdasarkan hasil analisis dan inventaris tapak, rancangan konseptual jembatan penyeberangan orang (JPO) yang diajukan mencakup penempatan JPO di atas halte yang direlokasi 50 m hulu dari simpang, *clearance vertikal* minimal $\approx 5,10$ m, lebar dek $\geq 3,0$ m untuk mendukung arus dua arah pejalan termasuk kursi roda, *ramp* dengan kemiringan maksimum 1:12 dan landings tiap ≤ 9 m, serta opsi elevator pada akses utama untuk menjamin aksesibilitas universal. Rancangan JPO yang disusun tidak hanya memenuhi kriteria teknis, tetapi juga mengakomodasi prinsip aksesibilitas universal dan konektivitas spasial. Penting untuk ditekankan bahwa rekomendasi ini bersandar pada pembuktian kuantitatif: Nilai PV^2 yang dihitung untuk jam puncak (lihat Tabel 3) masing-masing sebesar 11.895.240.476 (hari kerja) dan 11.311.538.981 (akhir pekan), yaitu sekitar 59,5 dan 56,6 kali lipat dibanding ambang warrant nasional $PV^2 > 2 \times 10^8$. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menghasilkan identifikasi masalah, melainkan juga memberikan solusi konseptual yang aplikatif dan siap diadopsi oleh pemangku kebijakan. Hasil dan rancangan yang ditawarkan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai rujukan awal untuk pengambilan keputusan pembangunan JPO di kawasan lain yang memiliki karakteristik lalu lintas serupa. Model analisis ini juga relevan untuk diintegrasikan ke dalam dokumen perencanaan transportasi kota dan audit keselamatan jalan. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan adanya studi evaluatif pasca-pembangunan guna mengukur perubahan perilaku pejalan kaki dan efektivitas fasilitas secara nyata. Selain itu, pendekatan ini dapat diperluas melalui simulasi pergerakan atau pemodelan perilaku berbasis agen untuk mendukung perencanaan transportasi yang lebih prediktif dan adaptif terhadap dinamika perkotaan.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Transportasi Darat Bali yang telah memberikan dukungan dan bimbingan dalam penyelesaian penelitian yang dilakukan. Peneliti juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Dinas Perhubungan Kota Denpasar dan Kepolisian Resor Kota Denpasar yang telah memberikan dukungan informasi, data, dan bantuan dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] "Global Status Report on Road Safety 2023," World Health Organization, 2023.
- [2] S. D. Susanti, "Kemenko: Pelabuhan Sanur bentuk percepatan pembangunan PSN," *antaranews.com*.
- [3] "Ikut Serta Pada World Architecture Festival, Desain Pelabuhan Sanur Mendunia," *hubla.dephub.go.id*.
- [4] N. Indrajaya, "Dibuka Desember, Pelabuhan Sanur Sudah Layani 148 Ribu Penumpang," *detik.com*.
- [5] N. K. N. Febriani, "Pariwisata Semakin Pulih, Penumpang di Pelabuhan Sanur Melonjak Jumlah Wisman Lampau Target," *radarbali.jawapos.com*.
- [6] P. D. K. Widyati, "Pelabuhan Sanur Picu Kemacetan, Pengamat: Masyarakat Hanya Jadi Penonton," *rri.co.id*.
- [7] M. I. Roeroe, D. T. Antow, and E. L. Mamesah, "Perlindungan Hukum Terhadap Pejalan Kaki Di Area Zebra Cross," *Lex Privatum*, vol. 16, Sep. 2024.
- [8] S. Chauhan, S. Dave, J. Shah, and A. Kedia, "Assessing Traffic Characteristics for Safe Pedestrian Crossings: Developing Warrants for Sustainable Urban Safety," *Sustainability*, vol. 16, no. 10, p. 4182, May 2024, doi: 10.3390/su16104182.
- [9] M. A. Bhuiyan, M. Matsuyuki, and S. Tanaka, "Comparative analysis of various pedestrian-crossing facilities on highways and the selection of a cost-effective facility by maximizing the benefit-cost ratio," *Asian Transport Studies*, vol. 10, p. 100123, 2024, doi: 10.1016/j.eastsj.2024.100123.
- [10] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pedoman Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki*. Indonesia, 2023.
- [11] M. L. Hariani, P. Maharani Rifqi, and A. Septiani Ayunindita, "The Effectiveness of Pedestrian Crossing Bridges for Urban Areas in Indonesia Based on Crossing Times and Pedestrian Perspective," *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, vol. 3, no. 9, pp. 2020–2034, Sep. 2024, doi: 10.46799/ajesh.v3i9.383.
- [12] Z. Chen, X. Chen, R. Wang, and M. Gao, "Characterization of Pedestrian Crossing Spatial Violations and Safety Impact Analysis in Advance Right-Turn Lane," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 19, no. 15, p. 9134, Jul. 2022, doi: 10.3390/ijerph19159134.
- [13] H. D. Golakiya and A. Dhamaniya, "Development of Pedestrian Crossing Facility Warrants for Urban Midblock Crosswalks Based on Vehicular Delay," *Transportation in Developing Economies*, vol. 7, no. 2, p. 18, Oct. 2021, doi: 10.1007/s40890-021-00128-1.
- [14] F. Zareharofteh and M. Eslami, "Pedestrians' Outstanding Beliefs Regarding Bridge Use-A Directed Content Analysis," *Health Education and Health Promotion*, vol. 9, pp. 127–134, Jun. 2021.
- [15] S. N. Sadeek, M. H. Rahman, and S. M. Rifaat, "Understanding pedestrian bridge usage considering perception and socio-demographic characteristics of the road users in Dhaka city," *Transp Res Interdiscip Perspect*, vol. 31, p. 101384, May 2025, doi: 10.1016/j.trip.2025.101384.
- [16] S. Ahmed, S. Hossain, Md. E. Shaik, and A. Shakik, "Evaluation of speed characteristics and gap acceptance behavior of pedestrians of Asian Countries: A review," *Transp Res Interdiscip Perspect*, vol. 27, p. 101199, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.trip.2024.101199.
- [17] Y. Zhang and J. D. Fricker, "Investigating temporal variations in pedestrian crossing behavior at semi-controlled crosswalks: A Bayesian multilevel modeling approach," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 76, pp. 92–108, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.trf.2020.11.002.
- [18] The Institute for Transportation and Development Policy (ITDP), "Pedestrian Bridges Make Cities Less Walkable. Why Do Cities Keep Building Them?," *itdp.org*. Accessed: Oct. 08, 2025. [Online]. Available: <https://itdp.org/2024/02/29/pedestrian-bridges-make-cities-less-walkable-why-do-cities-keep-building-them/>.
- [19] A. F. Tambunan, "Efektivitas Penggunaan Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Di Kota Sibolga," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik*, vol. 2, pp. 307–315, May 2022.
- [20] A. Theofilatos, A. Ziakopoulos, O. Oviedo-Trespalacios, and A. Timmis, "To cross or not to cross? Review and meta-analysis of pedestrian gap acceptance decisions at midblock street crossings," *J Transp Health*, vol. 22, p. 101108, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jth.2021.101108.
- [21] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung*. Indonesia, 2017.
- [22] Department of Justice (DOJ) and the Department of Transportation (DOT), "Guide to the ADA Accessibility Standards," *ada.gov*. Accessed: Oct. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.access-board.gov/files/ada/ADA-Standards.pdf>.
- [23] M. B. Simanjuntak, Yulianto, and W. Rajaguguk, "Studi Efektifitas Penggunaan Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Di Kawasan Lapangan Merdeka Medan," *Jurnal Arsitektur ALUR*, vol. 1, pp. 22–30, Sep. 2018.
- [24] Federal Highway Administration, "Human-Centered Roadway Analysis and Design," *international.fhwa.dot.gov*. Accessed: Oct. 08, 2025. [Online]. Available: https://international.fhwa.dot.gov/humanfactors/chapter_six.cfm.
- [25] A. R. Pattisina,) Fitri, and R. Widayanti, "Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kepuasan Pengguna Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) pada Pelayanan Strategis Berskala Nasional di Kota Surabaya," *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, vol. 5, no. 1, 2021.
- [26] S. Manthirikul, U. Jain, and V. Teja Amshala, "A Critical Review of Grade-Separated Pedestrian Crossing Facilities," *J Transp Eng A Syst*, vol. 148, no. 10, Oct. 2022, doi: 10.1061/JTEPBS.0000711.
- [27] S. Manthirikul, U. Jain, and S. Marisamynathan, "Pedestrian Waiting Delay at Signalized Midblock Crosswalks under Mixed Traffic Conditions," *J Transp Eng A Syst*, vol. 149, no. 11, Nov. 2023, doi: 10.1061/JTEPBS.TEENG-7541.
- [28] Global Alliance of NGOs for Road Safety, "Pedestrian facilities," *roadsafetynegos.org*. Accessed: Oct. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.roadsafetynegos.org/toolkit/priority-interventions/pedestrian-facilities/>.
- [29] H. Kurnia Alam, A. M. H M, and S. Jauhari Legowo, "Evaluasi Tingkat Pelayanan Jembatan Penyeberangan Orang (Studi Kasus Jembatan Penyeberangan Pasar Kartosuro Sukoharjo)," *Matriks Teknik Sipil*, vol. 3, pp. 1183–1190, Dec. 2015.
- [30] M. Elsayyad, D. Muley, and W. Alhajyaseen, "Determinants of road user behavior at marked midblock crosswalks," *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 52, no. 8, pp. 1506–1522, Aug. 2025, doi: 10.1139/cjce-2023-0459.