

BUKA AKSES

DIEDIT OLEH

Luigi Dell'Olio,
Universitas Cantabria, Spanyol

DITINJAU OLEH

Ruben Cordera,
Universitas Cantabria, Spanyol
Corrado Rindon,
Universitas Mediterranea Reggio Calabria, Italia

*KORESPONDENSI

Antonio Comi,
comi@ing.uniroma2.it

DITERIMA 24 Februari 2024

DITERIMA 26 Maret 2024

DITERBITKAN 26 April 2024

KUTIPAN

Nigro M, Comi A, De Vincentis R dan Castiglione M (2024), Metode campuran perilaku dan berbasis data untuk menilai potensi pergeseran ke mikromobilitas listrik: bukti dari Roma.

Depan. Transp Masa Depan. 5:1391100.

doi: 10.3389/ffutr.2024.1391100

HAK CIPTA

© 2024 Nigro, Comi, De Vincentis dan Castiglione. Ini adalah artikel akses terbuka yang didistribusikan berdasarkan ketentuan [Lisensi Atribusi Creative Commons \(CC BY\)](#). Penggunaan, distribusi atau reproduksi di forum lain diperbolehkan, asalkan penulis asli dan pemilik hak cipta disebutkan dan publikasi asli dalam jurnal ini dikutip, sesuai dengan praktik akademis yang diterima. Tidak ada penggunaan, distribusi atau reproduksi yang diizinkan yang tidak mematuhi ketentuan ini.

JENIS Penelitian Asli

DITERBITKAN 26 April 2024

DOI 10.3389/ffutr.2024.1391100

Perilaku campuran dan metode berbasis data untuk menilai potensi peralihan ke mobilitas mikro listrik: bukti dari Roma

Marialisa Nigro¹, Antonio Comi^{2*}, Rosita De

Mobilitas mikro listrik, baik sebagai pilihan pribadi maupun sebagai layanan bersama, dapat mewakili alternatif terhadap mobil, khususnya untuk kelompok pengguna tertentu (segmen pasar) dan kelas jarak perjalanan tertentu. Makalah ini mengeksplorasi potensi peralihan dari mobil ke mobilitas mikro listrik (khususnya, sepeda listrik dan skuter listrik) untuk perjalanan pulang pergi, diselidiki melalui data mobil terapung (FCD). Metodologi ini menggabungkan kalibrasi model utilitas acak (RUM) dan simulasi selanjutnya melalui penerapan FCD yang mencakup seluruh kota Roma (Italia). Data yang digunakan untuk kalibrasi model RUM bersumber dari survei preferensi yang diungkapkan dan preferensi yang dinyatakan secara online yang dilakukan antara November 2020 dan Januari 2021. Faktor sosial ekonomi, serta fitur transportasi (waktu perjalanan, waktu akses, biaya moneter, dan persepsi keselamatan level), masukkan ke dalam definisi probabilitas pilihan mode. Hasil pertama menunjukkan bahwa di Roma, potensi permintaan mobilitas mikro listrik dapat berkisar antara 14% dari sampel FCD dalam kasus terbaik (biaya rendah, aksesibilitas tinggi, dan infrastruktur jalan dengan tingkat keamanan yang tinggi) dan sekitar 2% pada kasus terbaik. kasus terburuk (biaya tinggi, aksesibilitas rendah, dan tingkat keamanan yang dirasakan rendah).

KATA KUNCI

e-micromobility, e-skuter, e-bikes, pilihan mode, data mobil mengambang, model perilaku, model pilihan diskrit

1 Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, pilihan mobilitas berkelanjutan telah tersebar luas di perkotaan, didorong oleh kebijakan mobilitas nasional dan internasional serta meningkatnya kesadaran pengguna. Misalnya, Komisi Eropa baru-baru ini mempresentasikan "Strategi Mobilitas Cerdas dan Berkelanjutan," yang terdiri dari 82 inisiatif di 10 inisiatif utama (yaitu, bidang-bidang tindakan utama) yang harus memandu evolusi mobilitas di Eropa untuk tahun-tahun mendatang. Tujuannya adalah untuk mengurangi 90% emisi polutan pada tahun 2050 serta mewujudkan transportasi yang lebih cerdas, kompetitif, aman, mudah diakses, dan terjangkau ([Komisi Eropa, 2019](#)). Dalam konteks ini, beberapa arahan dan kebijakan mengenai mobilitas perkotaan telah mendorong potensi peralihan ke mobilitas listrik dan aktif serta pengembangan pendekatan multimodalitas yang berkelanjutan ([Eltis, 2019](#); [Gossling, 2020](#)).

merupakan salah satu strategi yang dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan pada mobil dan mendukung moda transportasi yang lebih ramah lingkungan di wilayah perkotaan. Transportasi umum harus menjadi landasan mobilitas perkotaan yang berkelanjutan, dan satu-satunya cara untuk mencapai hal ini adalah melalui integrasi layanan ke dalam jaringan multimoda, mendorong pertukaran antar moda transportasi yang berbeda (Russo dan Rindone, 2023). Dalam konteks ini, mobilitas mikro dapat memainkan peran penting dalam memfasilitasi peralihan moda, terutama dalam konteks perkotaan, dimana mobilitas mikro dapat diintegrasikan ke dalam platform mobilitas yang lebih luas untuk menyeimbangkan “hak atas akses dan mobilitas di satu sisi, dan hak atas kebersihan.” kualitas udara dan kehidupan di sisi lain” (Musolino dkk., 2022; Cirianni dkk., 2023).

Pada saat yang sama, dampak pandemi COVID-19 yang terjadi belakangan ini menyoroti perlunya semakin banyak pilihan mobilitas individu. Seperti yang ditunjukkan oleh beberapa penelitian (Paydar dan Kamani Fard, 2021; Cirianni dkk., 2022), beberapa kota di seluruh dunia telah memperluas infrastruktur bersepeda/berjalan kaki untuk meningkatkan ketahanan mereka dalam menghadapi pandemi COVID-19. Selain itu, perilaku perjalanan juga sangat dipengaruhi oleh persepsi risiko infeksi, sehingga menyebabkan pergeseran permintaan terhadap mobilitas aktif dan mobilitas mikro. Oleh karena itu, dalam lingkungan transportasi yang berkembang pesat ini, mobilitas mikro dapat dilihat sebagai solusi potensial untuk memindahkan orang ke kota dengan lebih efisien, terutama ketika menggantikan perjalanan yang dilakukan dengan mobil pribadi. Mobilitas mikro listrik (e-micromobility), yang ditandai dengan kendaraan mikro listrik yang berukuran kecil dan mencapai kecepatan sedang, dengan demikian dapat membantu mencakup perjalanan moda tunggal dan perjalanan jarak jauh, bila digabungkan dengan angkutan umum (yaitu, sebagai multimoda). pilihan), berkontribusi terhadap pengurangan penggunaan mobil (Abduljabbar dkk., 2021).

Karena heterogenitas kendaraan mikro listrik (Benar, 2019), untuk keperluan penelitian ini, yang dimaksud dengan alat mobilitas mikro adalah kendaraan bermotor ringan yang digunakan untuk mengangkut orang dan barang, tidak memerlukan persetujuan jenis untuk penggunaan di jalan raya, sesuai dengan definisi yang diberikan oleh Holve dkk. (2020). Mengingat tingginya difusi e-bike dan e-skuter, khususnya di Uni Eropa dan Italia (Nigro dkk., 2022; Comi dan Polimeni, 2024), hanya dua kendaraan mikro listrik terakhir yang dipertimbangkan dalam penelitian ini.

Dalam konteks ini, memahami potensi permintaan dan faktor serta fitur yang menentukan pilihan kendaraan mikro listrik sangat penting untuk mengevaluasi efektivitas kebijakan mobilitas berkelanjutan serta strategi operator yang terlibat (berbagi operator e-mobilitas mikro, lembaga transportasi, dan penyedia energi). Faktanya, tantangan e-mobilitas mikro terletak pada menemukan keseimbangan yang tepat yang dapat memenuhi kebutuhan kota dan warga negara sekaligus memastikan bahwa kepentingan penyedia layanan dapat dihormati.

Oleh karena itu, tujuan dari makalah ini adalah untuk menilai potensi peralihan dari mobil ke e-mobilitas mikro, dengan menerapkan metodologi yang diusulkan untuk perjalanan komuter di Roma, Italia. Pendekatan ini menggabungkan simulasi perjalanan mobil komuter yang dilakukan melalui data mobil mengambang (FCD) untuk mengkarakterisasi perjalanan mobil dan pemodelan pilihan

diskrit tradisional untuk mengidentifikasi potensi pergeseran setiap perjalanan mobil. FCD diperoleh dari pelacakan kendaraan dan saat ini disediakan oleh pemilik (atau administrator).

armada kendaraan, seperti armada taksi, jalur kendaraan pribadi, atau layanan ride hailing (Neun dkk., 2023). Menurut Nigro dkk. (2022), FCD yang mencakup seluruh kota Roma diasumsikan sebagai sampel yang mewakili mobilitas pribadi, setidaknya dalam hal jarak dan waktu perjalanan.

Hasil awal dari potensi peralihan dari transportasi pribadi ke mobilitas elektronik telah dikembangkan untuk menyelidiki pengiriman barang perkotaan. Secara khusus, potensi crowshipper untuk menggunakan perangkat mikromobilitas telah diselidiki melalui model perilaku probabilistik. Pembaca dapat merujuk ke Castiglione dkk. (2022) untuk lebih jelasnya. Artikel ini, berdasarkan hasil pertama tersebut, mengusulkan model lebih lanjut yang memungkinkan kita mempertimbangkan jenis perangkat mobilitas mikro lebih lanjut yang dikalibrasi menggunakan teknik berbeda. Potensi manfaat dari peralihan perjalanan pulang pergi dari mobil pribadi ke e-mobilitas mikro dinilai melalui model yang dikembangkan, yang memungkinkan kami mengevaluasi stabilitas perkiraan dan manfaat yang dapat diperoleh melalui pergeseran e-mobilitas mikro.

Artikel ini disusun sebagai berikut: di Bagian 2, kecanggihan tentang e-mikromobilitas disajikan, sementara Bagian 3 menguraikan metodologi yang diusulkan. Bagian ini diawali dengan pemaparan survei dan hasilnya, dilanjutkan dengan penjelasan bagaimana database kalibrasi disusun. Selain itu, ini mencakup pengenalan singkat tentang model utilitas acak (RUM) dan merinci proses melakukan simulasi menggunakan FCD. Di dalam Bagian 4, model yang dikembangkan disajikan, bersama dengan perkiraan potensi pergeseran menuju e-mobilitas mikro di Roma, Italia. Makalah ini diakhiri dengan Bagian 5, yang membahas kesimpulan dan potensi perkembangan di masa depan.

2 Keadaan seni

Jumlah karya ilmiah tentang e-micromobility terus bertambah seiring dengan penerapannya yang luas. Meskipun sebagian besar penelitian berfokus pada sepeda listrik, literatur tentang skuter listrik meningkat pesat. E-micromobility dipelajari sebagai solusi untuk perjalanan jarak jauh pertama dan terakhir dalam kasus transportasi multimoda dan sebagai pilihan moda tunggal untuk perjalanan jarak pendek.

Jarak dan waktu perjalanan terkait dapat sangat mempengaruhi pilihan e-mobilitas mikro. Scott Smith dan Schwieterman (2018) menyarankan agar e-skuter digunakan sebagai mode tunggal untuk perjalanan hingga 3 km; melampaui jarak ini, mereka dapat menjadi pilihan transportasi multimoda. Konsultasi Porsche (2019) menemukan bahwa jarak yang ditempuh oleh e-skuter adalah antara 1 km dan 4 km, dan jarak yang ditempuh oleh e-bike adalah antara 1,5 km dan 9 km. Chang dkk. (2019) menganalisis data e-skuter bersama dari Austin, Louisville, Minneapolis, dan Washington D.C. di Amerika Serikat, yang menyatakan bahwa sekitar 95% pengguna melakukan perjalanan hingga 5 km. Jika kita memperhitungkan bahwa di Amerika Serikat, sekitar 60% perjalanan mobil berjarak kurang dari 10 km (FHWA, 2017), sedangkan di Eropa, 50% perjalanan dengan mobil berjarak kurang dari 5 km (UNECE, 2020), potensi e-micromobility sebagai pengganti mobil, setidaknya dalam hal jarak tempuh, menjadi jelas.

Survei yang dilakukan oleh Baek dkk. (2021) menunjukkan bahwa waktu perjalanan sangat penting untuk perjalanan jarak jauh menggunakan e-micromobility; di dalam Axhausen dan Reck (2021), waktu perjalanan dilaporkan sebagai faktor utama yang mempengaruhi pilihan mobilitas elektronik bersama.

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 02 frontiersin.org](#)
Nigro dkk. 10.3389/futtr.2024.1391100

dapat menjadi lebih penting bagi pengguna dalam memilih e-micromobility (Axhausen dan Reck, 2021; Bretones dan Marques, 2022); Selain itu, norma gaya hidup dan budaya juga dapat berdampak pada substitusi moda (Fukushige dkk., 2021).

Berdasarkan tinjauan literatur yang disajikan di atas, e-micromobility dipandang sebagai solusi potensial untuk menggerakkan orang secara lebih efisien di sekitar kota dan menggantikan perjalanan yang dilakukan dengan mobil. Layanan-layanan baru ini diterima dengan baik oleh pengguna, seperti yang ditunjukkan dengan jelas oleh penerapannya yang luas dan cepat. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan yang semakin besar untuk menyelidiki moda transportasi baru ini sebagai alternatif kompetitif dibandingkan mobil. Selain itu, mengingat keinginannya

Sebagai alat peramalan pembagian moda yang akan digunakan dalam perencanaan kota, artikel ini menyajikan berbagai model pilihan moda untuk memperkirakan potensi peralihan dari mobil ke e-mobilitas mikro di kalangan komuter. Memang benar, eksplorasi substitusi moda untuk perjalanan pulang pergi secara eksplisit diperlukan dalam literatur (Fukushige dkk., 2021). Peluang yang ditawarkan oleh telematika digunakan di sini untuk menyimpulkan perjalanan komuter dalam studi kasus nyata (Roma, Italia) dan menilai potensi peralihan moda, sehingga memberikan alat operasional bagi perencana kota untuk mengevaluasi pengurangan ketergantungan pada penggunaan mobil pribadi dan, dengan demikian, mendukung peralihan modal.

3 Metodologi yang diusulkan

Makalah ini menggunakan survei preferensi yang terungkap (RP) dan preferensi yang dinyatakan (SP) untuk menyelidiki, melalui model RUM yang diterapkan pada FCD, potensi peralihan dari mobil ke mobilitas elektronik, khususnya sepeda listrik dan skuter listrik, untuk perjalanan pulang pergi (Rumah). –Perjalanan Kerja dan Rumah–Sekolah). Skenario yang berbeda dipertimbangkan (misalnya, kepemilikan kendaraan e-micromobility individu atau penggunaan layanan berbagi e-micromobility), dengan fokus di Roma, Italia.

Kerangka umum ini dirancang untuk digunakan sebagai alat untuk memperkirakan potensi permintaan yang dapat beralih dari mobil pribadi ke e-mobilitas mikro. Secara khusus, hal ini memberikan potensi peralihan ke e-bike dan e-skuter untuk perjalanan pulang pergi sebagai hasilnya. Fitur utamanya mencakup penggunaan survei RP dan SP untuk menyelidiki perilaku pengguna dan penggunaan data berbasis GPS (yaitu FCD) untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi perjalanan mobil. Perjalanan komuter dari rumah dengan mobil disorot karena jenis perjalanan ini biasanya tidak menimbulkan perubahan signifikan dalam sikap dan operasional perjalanan ketika beralih dari mobil pribadi ke e-mobilitas elektronik (tidak seperti rantai perjalanan atau perjalanan aktivitas multi-harian).

Setelah wilayah studi ditentukan, prosedurnya terdiri dari langkah-langkah berikut ([Gambar 1](#)):

Faktor tambahan yang harus dipertimbangkan untuk mengganti perjalanan mobil jarak pendek dengan e-mobilitas elektronik mencakup tujuan perjalanan, kompleksitas rantai perjalanan, lingkungan perjalanan, kondisi infrastruktur jalan, persepsi keselamatan, dan karakteristik sosio-ekonomi tertentu serta sikap pengguna. Penggemar dan Harper (2022) memperkirakan bahwa sekitar 18% perjalanan mobil jarak pendek dapat digantikan oleh mobilitas elektronik di Seattle ketika mempertimbangkan usia komuter, tujuan tur dan perjalanan, waktu, dan batasan cuaca. McKenzie (2019), Jiao dan Bai (2020), Dan Christoforou dkk. (2021) menemukan bahwa e-skuter bersama digunakan terutama untuk tujuan rekreasi. Caspi dkk. (2020) mengamati bahwa perjalanan dengan skuter elektronik bersama melibatkan infrastruktur jalan yang karakteristiknya sesuai dengan mobilitas mikro.

Infrastruktur jalan dengan kecepatan rendah, seperti jalan lokal atau tersier, dianggap lebih kompatibel dengan e-micromobility (Biro Transportasi Portland, 2019; Zhang dkk., 2021). Jalur sepeda dan jalur serbaguna memang paling banyak digunakan oleh pengguna e-skuter (Zhang dkk., 2021); Selain itu, trotoar dianggap menarik bagi skuter listrik, namun hal ini biasanya dilarang untuk menjamin keselamatan pejalan kaki (James dkk., 2019).

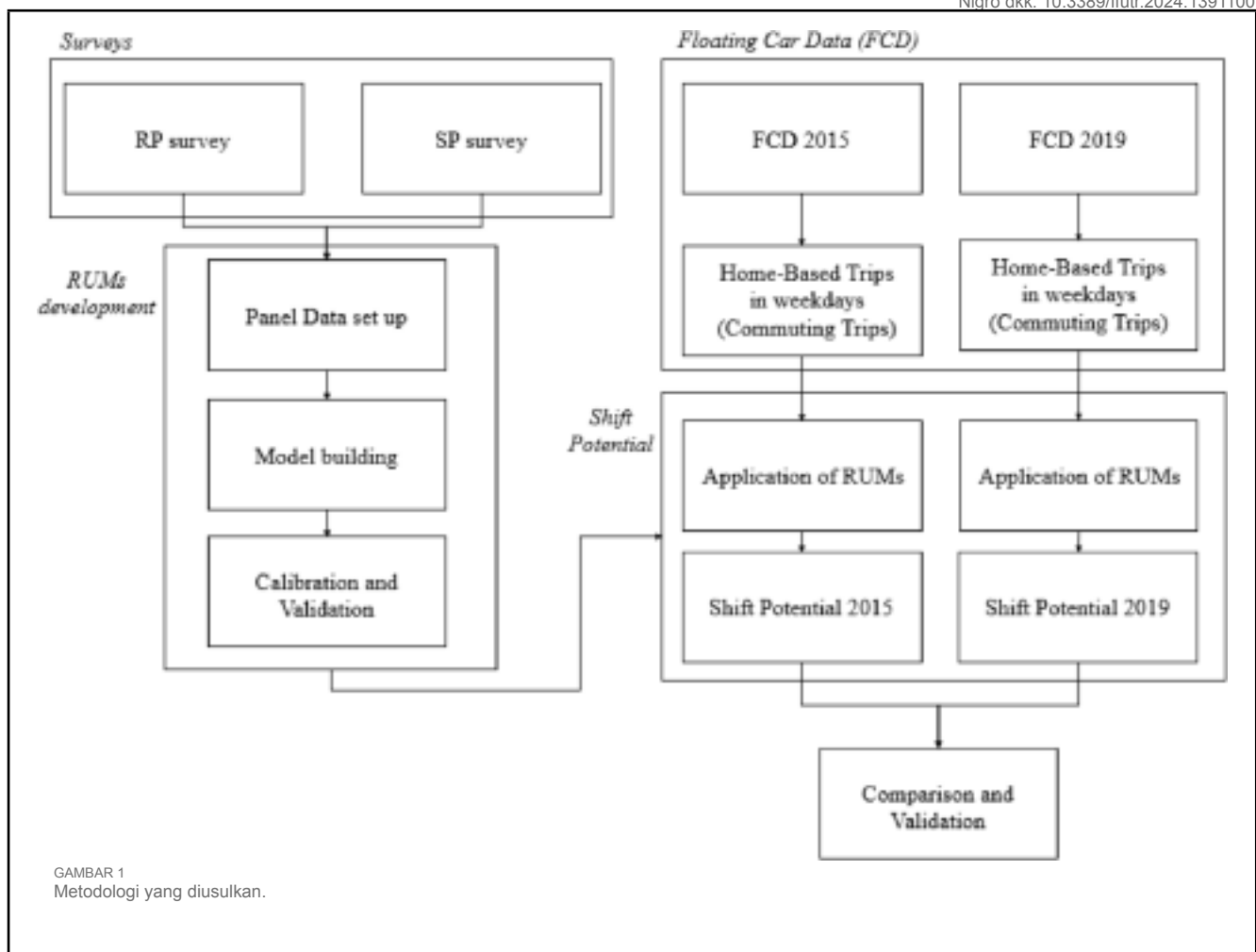
Persepsi keselamatan adalah salah satu fitur yang paling menghalangi dalam memilih mobilitas mikro (Sanders dkk., 2020; Bao dan Lim, 2022). Cubells dkk. (2023) menunjukkan bahwa pilihan rute e-mobilitas mikro dipengaruhi oleh elemen perkotaan yang terkait dengan keselamatan, aksesibilitas, dan estetika, yang menunjukkan pentingnya mempertimbangkan lingkungan sekitar untuk memastikan keselamatan pengguna. Dalam hal ini, beberapa penelitian menegaskan bahwa infrastruktur khusus (Greibe dan Buch, 2016; Park dan Abdel-Aty, 2016; Hossein Sabbaghian dkk., 2023) yang dapat dialami oleh pengendara sepeda dan pengguna e-skuter, serta kondisi trotoar (López-Molina dkk., 2023; Mitropoulos dkk., 2023) merupakan elemen kunci dalam persepsi keselamatan mobilitas mikro dan, akibatnya, adopsi e-mobilitas mikro. Infrastruktur yang disesuaikan dan sesuai sehingga memungkinkan pengendara sepeda dan pengguna e-mobilitas elektronik terpisah dari pengendara motor kemungkinan besar akan dipilih jika dibandingkan dengan langkah-langkah keselamatan lainnya. Namun persepsi keselamatan tidak hanya terkait dengan interaksi dengan pengendara saja; Wang dkk. (2023) menyoroti kekhawatiran masyarakat mengenai interaksi antara pengendara e-skuter dan pejalan kaki, yang lebih lanjut menggarisbawahi perlunya ruang jalan dan infrastruktur yang memadai untuk mempromosikan layanan e-mobilitas mikro secara efektif.

Terkait faktor sosial ekonomi, pengguna e-mobilitas mikro yang berbagi sebagian besar adalah kaum muda, laki-laki, dengan pendapatan tinggi dan tingkat pendidikan tinggi (Axhausen dan Reck, 2021; Christoforou dkk., 2021; Nikiforiadis dkk., 2021). Faktor-faktor non-fungsional seperti kepedulian terhadap lingkungan, inovasi, dan rasa memiliki terkait dengan penggunaan moda transportasi tertentu

- Survei preferensi yang terungkap dan dinyatakan (RP dan SP): memungkinkan kami untuk 1) mengungkap perilaku perjalanan pengguna saat ini; 2) mengevaluasi perilaku pengguna ketika pengguna dihadapkan pada kemungkinan skenario e-mobilitas elektronik yang berbeda;
- Pengembangan RUM: berdasarkan hasil RP dan SP, data panel disiapkan, dan model RUM dikalibrasi (yaitu, koefisien model dan signifikansi statistiknya diperkirakan) dan divalidasi (yaitu, kapasitas model dalam mereproduksi pilihan sampel dinilai serta potensinya untuk diterapkan pada skenario selanjutnya);
- Data mobil terapung (FCD): dua set data mobil

- terapung dari wilayah studi untuk tahun 2015 dan 2019 dianalisis untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi perjalanan mobil pulang pergi;
- Potensi peralihan: berdasarkan karakteristik perjalanan mobil yang diperoleh dari analisis FCD dan model RUM yang dikembangkan, perkiraan potensi peralihan dari mobil ke mobilitas mikro elektronik;
- Perbandingan dan validasi: kami berpendapat bahwa jika atribut utama yang menggambarkan perilaku pilihan moda pengguna tetap konsisten antara tahun 2015 dan 2019, maka penerapan model RUM pada dua kumpulan data FCD yang berbeda akan menghasilkan hasil yang serupa. Konsistensi ini memungkinkan seluruh pendekatan metodologis divalidasi.

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 03 frontiersin.org](https://doi.org/10.3389/ffutr.2024.1391100)
Nigro dkk. 10.3389/ffutr.2024.1391100



3.1 Survei

Tahap pertama dari metodologi ini adalah menyelidiki kebiasaan perjalanan pengguna dan pilihan mode. Desain survei dan atribut serta level terpilih yang digunakan dalam survei SP didasarkan pada tinjauan literatur komprehensif terkait perilaku perjalanan pada e-micromobility (Guo dan Zhang, 2021; Nikiforiadis dkk., 2021; Weikl dan Mayer, 2023) dan pengalaman penelitian sebelumnya serta pengetahuan di bidang ini (Nigro dkk., 2021; Comi dkk., 2022; Nigro dkk., 2022; Comi dkk., 2024). Subbagian berikut menjelaskan desain survei dan menyajikan hasil utama yang diperoleh.

3.1.1 Desain survei

Data yang digunakan untuk mengembangkan model pilihan dikumpulkan melalui survei terhadap sekitar 300 penduduk Roma antara November 2020 dan Januari 2021. Pesan dari kuesioner tersebut menekankan pentingnya pengumpulan data tentang perjalanan pulang pergi dan menyebutkan bahwa responden akan diperkenalkan pada penggunaan opsi e-mobilitas mikro untuk perjalanan komuter mereka. Survei ini didistribusikan melalui berbagai saluran, termasuk jaringan media sosial, aplikasi pesan instan, dan email. Meskipun terdapat dampak potensial terhadap tingkat respons dan keterwakilan sampel secara keseluruhan, insentif tidak ditawarkan kepada responden

karena keterbatasan anggaran.

hambatan dan melebihi-lebihkan partisipasi generasi muda, mengingat generasi muda lebih sensitif terhadap insentif. Survei ini terdiri dari empat bagian:

- (i) Bagian data pribadi untuk mengumpulkan data tentang usia, jenis kelamin, dan status pekerjaan. Bagian ini digunakan untuk memilih pengguna yang memiliki karakteristik pribadi yang sesuai dengan penelitian dan untuk menyaring mereka yang tidak melakukan perjalanan rutin dari Rumah-Kantor atau Rumah-Sekolah, seperti pensiunan atau individu yang menganggur. Pengguna yang tersisa dibagi menjadi tiga kategori: Pekerja, Pelajar, dan Pelajar yang Bekerja;

- (ii) Bagian data sosiodemografi untuk mengumpulkan data lebih lanjut mengenai pengguna dan rumah tangganya, seperti tingkat pendidikan, tempat tinggal, jumlah anggota rumah tangga, dan kepemilikan SIM;
- (iii) Bagian data perjalanan komuter untuk menyelidiki tujuan perjalanan (tempat kerja atau sekolah/universitas), kepemilikan dan ketersediaan kendaraan pribadi (mobil, moped/sepeda motor, sepeda/e-bike, dan e-skuter), moda transportasi yang terutama digunakan untuk melaksanakan perjalanan komuter tertentu, waktu perjalanan, ketersediaan tempat parkir, dan kepemilikan langganan angkutan umum;
- (iv) Skenario e-mobilitas elektronik hipotetis yang akan dievaluasi melalui skenario SP;

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 04 frontiersin.org](#)
Nigro dkk. 10.3389/ffutr.2024.1391100

mempertimbangkan biaya layanan, waktu berjalan kaki untuk mengakses kendaraan mikro bersama, dan tingkat keselamatan jalan yang dirasakan.

TABEL 1 Data pribadi dan sosiodemografi.

Usia	
<18	4.0
18–24	18.0
25–34	30.0
35–44	13.0
45–54	24.0
55–65	9.0
>65	2.0
Total	100
Kondisi pekerjaan	
Bekerja	45.6
Murid	27.0
Siswa yang bekerja	8.4
Pensiun	2.6
Ibu rumah tangga	8.0
Penganggur	8.4
Total	100,0
Tingkat pendidikan	
Tidak ada elemen. sekolah	0,5
Sekolah menengah	9.8
Sekolah menengah atas	39.9
Gelar BSc/MSc	41.5
Pascasarjana	7.7
Total	100,0
Kepemilikan Surat Izin Mengemudi	
Ya	92.3
TIDAK	7.7
Total	100,0

3.1.2 Sampel survei dan data yang dikumpulkan

Data survei yang diperoleh dibersihkan dan diproses untuk mengidentifikasi data yang hilang atau inkonsistensi dalam kumpulan data. Dari survei awal, diperoleh 239 responden valid yang layak untuk penelitian ini. [Tabel 1](#) menunjukkan karakteristik sosiodemografi kelompok pengguna (data yang dikumpulkan melalui kuesioner yang dijelaskan sebelumnya [Bagian 1, 2](#)). Diketahui bahwa sampel tersebut memiliki proporsi lebih besar pada kelompok usia muda yang terdiri dari segmen populasi yang terkena dampak oleh minat yang lebih tinggi terhadap survei tersebut dan segmen yang berpotensi menjadi pengguna e-mobilitas mikro ([Axhausen dan Reck, 2021](#); [Christoforou dkk., 2021](#); [Kwak dan Radler, 2002](#)). Fitur-fitur tersebut diperhitungkan dalam pengembangan model pilihan diskrit, dengan menggunakan bobot yang memadai untuk strata usia.

[Bagian 3](#) menyelidiki karakteristik perjalanan Rumah-Kerja dan Rumah-Sekolah yang teratur. Responden ditanyai tentang frekuensi (dengan pilihan antara selalu, sering, jarang, dan tidak pernah) ketersediaan kendaraan pribadi yang berbeda: 64% responden selalu memiliki mobil untuk digunakan, dan 11% responden selalu memiliki moped atau sepeda motor untuk digunakan (dibandingkan dengan 72% dari seluruh populasi yang selalu tersedia mobil plus moped/sepeda motor; [RSM, 2020](#)). Mengenai ketersediaan kendaraan mikromobilitas pribadi, 34% pengguna selalu memiliki sepeda (dibandingkan dengan 29% dari seluruh populasi; [RSM, 2020](#)), dan 41% peserta lainnya mempertimbangkan untuk sering/jarang bersepeda. Persentase pengguna yang memiliki skuter elektronik pribadi untuk digunakan jauh lebih rendah (6%), dan persentase pengguna yang tidak pernah memiliki skuter elektronik adalah 64%.

Kemudian, pengguna ditanyai tentang moda transportasi yang paling sering digunakan untuk melakukan perjalanan rutin ke tempat kerja atau sekolah. Hasil yang tercatat sangat berbeda antara pekerja dan pelajar, dimana mobil merupakan moda transportasi yang paling umum digunakan oleh pekerja (76%). Sedangkan di kalangan pelajar, 43% memilih mobil sebagai moda transportasi pilihan mereka untuk mencapai sekolah/universitas, sedangkan 48% menggunakan transportasi umum (kereta bawah tanah, kereta api, atau bus). Hanya 3% pekerja dan 2% pelajar

- (v) Potensi kepemilikan sepeda elektronik atau skuter elektronik, dengan mempertimbangkan kesediaan untuk membeli kendaraan mikro, waktu perjalanan, dan tingkat keselamatan jalan raya yang dirasakan;
- (vi) Potensi penggunaan layanan berbagi sepeda elektronik atau skuter elektronik, dengan

yang memilih sepeda atau e-skuter sebagai moda transportasi pilihan mereka.

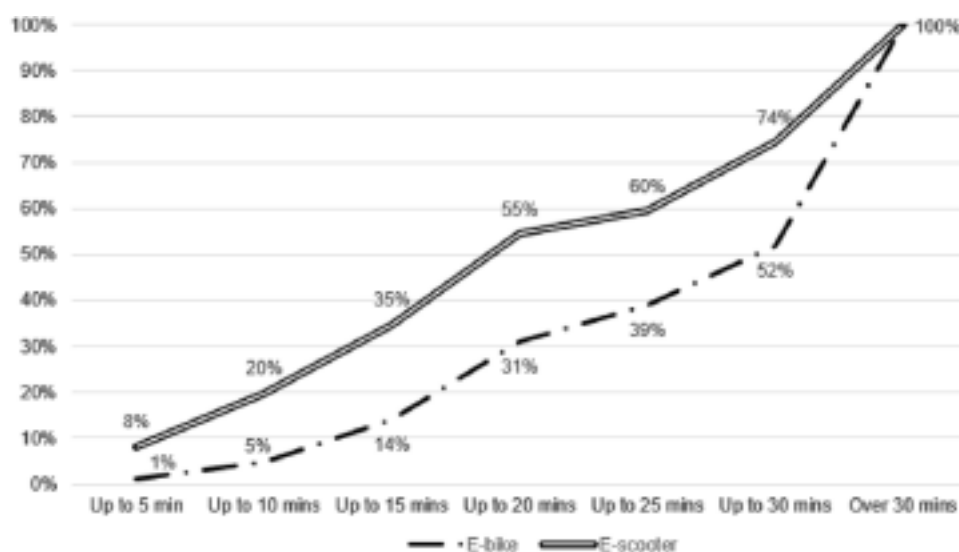
Semua responden ditanya tentang waktu perjalanan rata-rata untuk mencapai tujuan reguler mereka menggunakan moda transportasi pilihan mereka: 72% responden membutuhkan waktu kurang dari 30 menit untuk mencapai tujuan mereka menggunakan mobil pribadi (atau sepeda motor) atau angkutan umum, dengan mayoritas menggunakan kendaraan pribadi (atau sepeda motor) atau transportasi umum. rata-rata antara 16 menit dan 30 menit; 92% responden menyatakan bahwa tempat parkir kendaraan pribadi tersedia di tempat tujuan, dan sebagian besar memiliki tempat parkir gratis. Terakhir, 27% responden (47% pelajar) memiliki langganan angkutan umum bulanan atau tahunan.

Di bagian terakhir survei, responden diberikan serangkaian pertanyaan yang menilai tingkat keamanan yang dirasakan saat bepergian dengan e-bike/e-skuter, waktu penggunaan maksimum, dan kesediaan untuk membeli kendaraan mikro elektronik yang akan digunakan. memungkinkan pengguna untuk mempertimbangkan penggunaan e-mikromobilitas sebagai moda transportasi potensial.

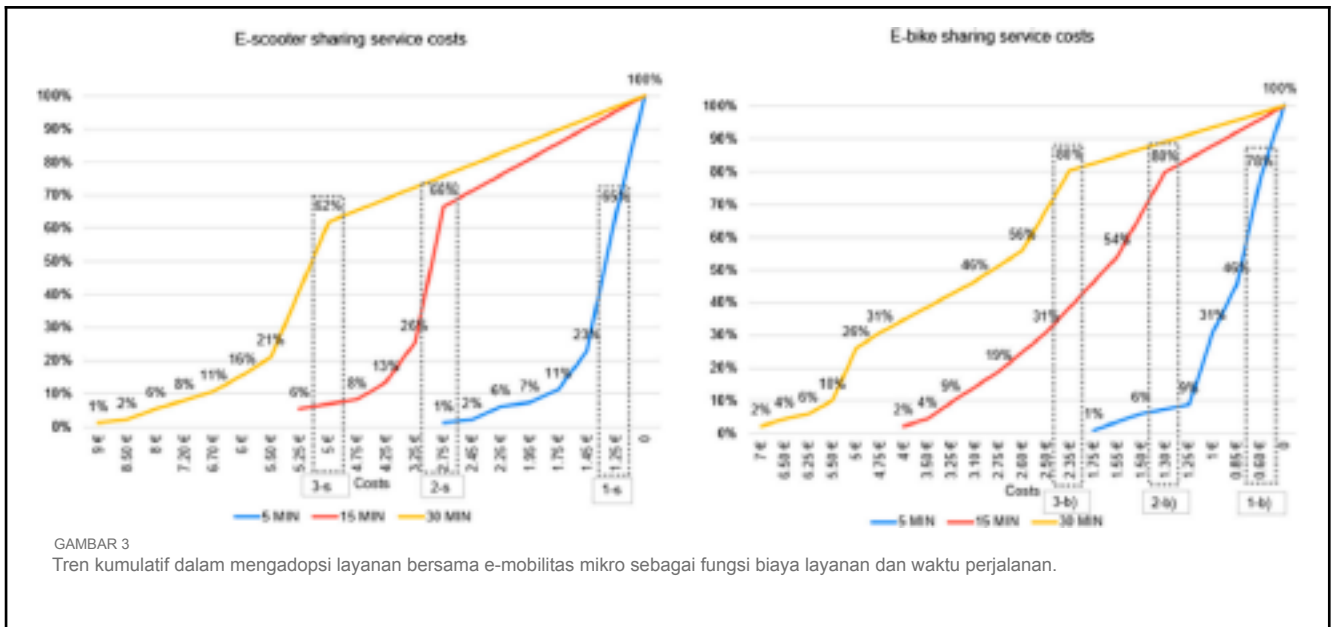
Dalam hal keselamatan, pengguna diberikan beberapa skenario dengan kondisi infrastruktur/lalu lintas yang berbeda dan diminta untuk memilih salah satu di mana mereka bersedia menggunakan e-bike atau e-skuter.

Skenario yang disajikan untuk menyelidiki masalah keselamatan terinspirasi oleh tingkat stres lalu lintas (LTS), yang merupakan indikator yang mengukur stres yang dialami oleh pengendara sepeda atau pejalan kaki di suatu segmen jaringan jalan (Selanjutnya dkk., 2016). Hasil penelitian menunjukkan bahwa 44% responden bersedia menggunakan e-bike hanya jika tersedia jalur sepeda yang benar-benar terpisah dari lalu lintas mobil, 21% hanya jika tersedia jalur sepeda jenis apa pun, bahkan yang secara fisik tidak terpisah dari lalu lintas; Sebanyak 23% pengguna bersedia menggunakan e-bike meskipun tidak tersedia jalur sepeda namun hanya di jalan dengan tingkat lalu lintas rendah, sedangkan 4% menyatakan bersedia menggunakan e-bike di jalan dengan kondisi lalu lintas apa pun. Terakhir, 8% pengguna tidak bersedia menggunakan e-bike dalam kondisi apa pun yang disebutkan di atas. Untuk skuter elektronik, 39% bersedia menggunakannya di jalur sepeda yang secara fisik terpisah dari lalu lintas, dan 16% bersedia menggunakannya di jalur sepeda jenis apa pun. Kemudian, 10% pengguna bersedia menggunakan e-skuter di jalan dengan lalu lintas rendah, dan hanya 3% yang bersedia menggunakannya di jalan dengan tingkat lalu lintas berapa pun. Dibandingkan dengan e-bike, persentase pengguna yang jauh lebih tinggi (32%) tidak bersedia menggunakan e-skuter dalam kondisi keselamatan yang disebutkan di atas. Hasil ini menegaskan apa yang dapat ditemukan dalam literatur,

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 05 frontiersin.org](https://doi.org/10.3389/ffutr.2024.1391100)
Nigro dkk. 10.3389/ffutr.2024.1391100



GAMBAR 2
Waktu penggunaan maksimum untuk e-bike dan e-skuter.



di mana pengendara e-skuter biasanya merasakan potensi risiko yang lebih tinggi (Useche dkk., 2022).

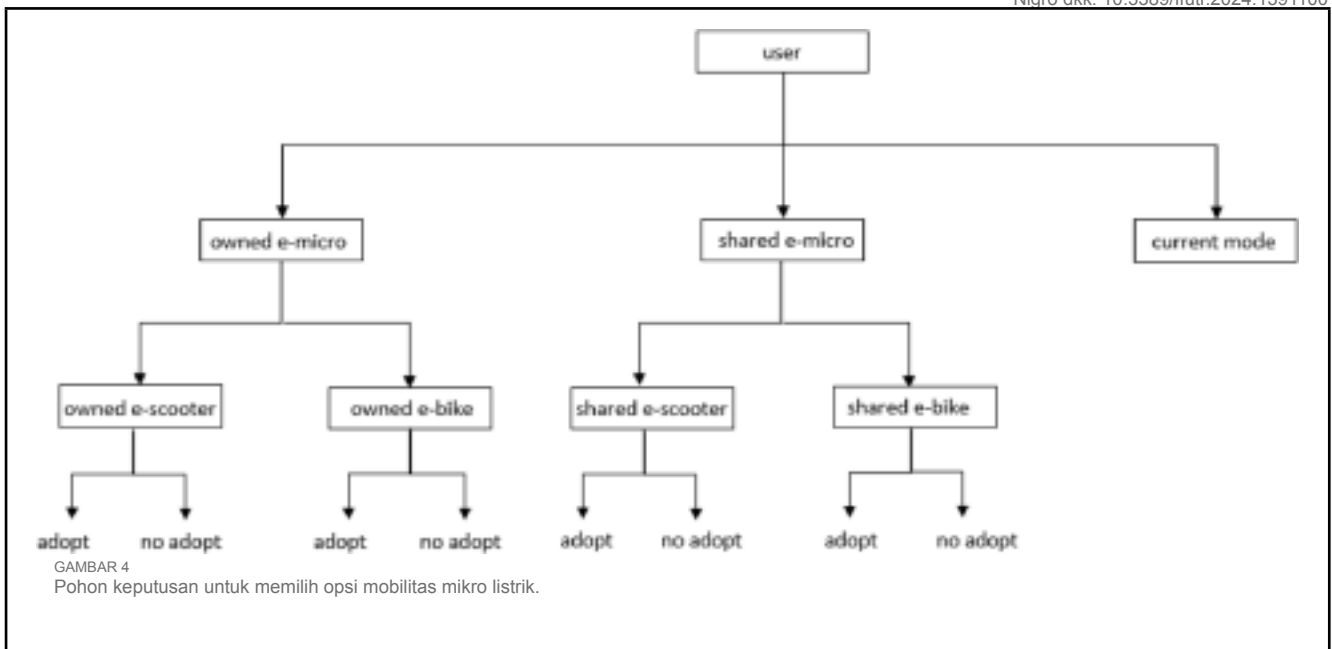
Dalam hal kesediaan membeli kendaraan e-micromobility, 11% responden mengaku bersedia membeli sepeda listrik, dan 41% bersedia membeli e-skuter. Terakhir, waktu perjalanan maksimum yang bersedia dihabiskan pengguna untuk kendaraan e-mobilitas mikro diselidiki: 74% responden bersedia mengendarai e-skuter hingga 30 menit; responden bersedia mengendarai e-bike untuk waktu yang lebih lama (48% selama lebih dari 30 menit, Gambar 2).

Dua faktor tambahan dipertimbangkan untuk menyelidiki kesediaan pengguna untuk menggunakan layanan berbagi mobilitas mikro: waktu akses dan biaya layanan (Guo dan Zhans, 2021). Waktu akses

berdampak pada kualitas layanan karena e-skuter dan e-bike bersama sebagian besar diakses dengan berjalan

kaki (Dia dkk., 2021). Oleh karena itu, menjamin keberadaan kendaraan elektronik dalam jarak berjalan kaki sangat penting untuk mendorong peralihan moda. Memang benar, sebagian besar pengguna (87%) hanya mempertimbangkan berjalan kaki hingga 5 menit untuk mencapai kendaraan bersama. Biaya layanan merupakan variabel penjelas umum dalam model pilihan moda dan merupakan salah satu hambatan utama dalam menggunakan layanan e-mobilitas, terutama bagi pengguna berpenghasilan rendah (Rodriguez-Roman dkk., 2022). Para responden diberikan beberapa pilihan tarif yang terinspirasi oleh layanan berbagi mobilitas elektronik yang saat ini aktif di Roma (Gambar 3). Ini disajikan sebagai fungsi waktu perjalanan (untuk perjalanan 5 menit, perjalanan 15 menit, dan perjalanan 30 menit): 20%–22% dari

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 06 frontiersin.org](https://doi.org/10.3389/ffutr.2024.1391100)
Nigro dkk. 10.3389/ffutr.2024.1391100



responden tidak bersedia menggunakan layanan berbagi sepeda elektronik mengingat biaya yang dikenakan (22%

untuk perjalanan 5 menit dan 20% untuk perjalanan 15 menit dan 30 menit), sedangkan 34%–38% responden tidak

bersedia menggunakan layanan berbagi e-skuter (35% untuk perjalanan 5 menit, 34% untuk perjalanan 15 menit, dan 38% untuk perjalanan 30 menit). Namun, dari pengguna yang menunjukkan minat untuk menggunakan layanan berbagi mobilitas elektronik, mayoritas memilih biaya terendah yang disajikan dalam survei (kotak di [Gambar 3](#)).

3.2 Pengembangan RUM

Berdasarkan data yang dikumpulkan, RUM dikembangkan, sebagaimana dirangkum dalam subbagian berikut.

3.2.1 Pembuatan model dan pengaturan data panel

Prosedur yang diterapkan untuk mengembangkan RUM dijelaskan di bawah ini. Model ini bertujuan untuk menyelidiki potensi penggunaan e-bike dan e-skuter. Secara khusus, tujuan utamanya adalah mengembangkan model yang mampu mengevaluasi pilihan potensial di antara tiga alternatif berikut:

- menggunakan kendaraan mikro elektronik miliknya sendiri, yaitu pengguna tertarik untuk membeli kendaraan mikro elektronik miliknya sendiri;
- menggunakan layanan berbagi e-mobilitas mikro, yaitu pengguna tertarik menggunakan layanan bersama;
- tetap menggunakan moda transportasi yang ada saat ini (bukan alternatif), yaitu pengguna tidak tertarik menggunakan e-micromobility (baik milik sendiri atau bersama), lebih memilih untuk melakukan perjalanan seperti biasa.

Seperti yang digambarkan dalam [Gambar 4](#), ketika memilih kendaraan mikro elektronik, dua alternatif yaitu e-skuter dan e-bike dinilai, dan masing-masing mempertimbangkan kemungkinan adopsi atau tidak.

Struktur keputusan menghasilkan struktur bersarang yang kompleks. Untuk menyederhanakan prosesnya, kami memutuskan untuk mengikuti pendekatan berurutan dalam membangun model, mulai dari bagian bawah pohon keputusan hingga ke bagian paling bawah

tingkat atas. Sebagai konsekuensinya, kami memulai dari logit binomial sederhana berikut:

1. mengadopsi e-bike yang dimiliki/tidak mengadopsi (yaitu tetap menggunakan moda transportasi saat ini),
2. mengadopsi e-skuter yang dimiliki/tidak mengadopsi (yaitu tetap menggunakan moda transportasi saat ini),
3. mengadopsi layanan berbagi e-bike/tidak mengadopsi (yaitu tetap menggunakan moda transportasi saat ini),
4. mengadopsi layanan berbagi e-skuter/tidak mengadopsi (yaitu tetap menggunakan moda transportasi saat ini).

Akhirnya, kami melanjutkan ke model trinomial yang mengevaluasi pilihan-pilihan berikut:

1. mengakuisisi kendaraan mikro milik sendiri,
2. menggunakan layanan berbagi e-mobilitas mikro,
3. melanjutkan moda transportasi yang ada saat ini.

Mengikuti pendekatan [Fukushige dkk. \(2021\)](#), kami mengidentifikasi waktu perjalanan sebagai atribut perjalanan dasar dalam mempelajari substitusi moda untuk perjalanan pulang pergi. Namun, karena waktu perjalanan menggunakan e-micromobility tidak dikumpulkan selama survei, informasi ini disimulasikan sebagai rasio antara jarak asal tujuan dan kecepatan rata-rata kendaraan e-micromobility. Kami mengasumsikan kecepatan rata-rata 20 km/jam untuk e-bike dan 10 km/jam untuk e-skuter berdasarkan literatur dan nilai eksperimen yang disediakan oleh layanan berbagi e-skuter Dott di Roma ([Nigro dkk., 2022](#)). Namun, waktu perjalanan dan fitur jaringan lainnya dapat diperoleh dari FCD, seperti yang ditunjukkan dalam literatur ([Alonso dkk., 2023](#)). Opsi layanan berbagi dianggap tidak tersedia bagi pengguna jika waktu perjalanan mereka kurang dari 5 menit atau lebih dari 30 menit. Kriteria ini didasarkan pada asumsi bahwa untuk perjalanan dengan waktu tempuh kurang dari 5 menit, pengguna akan lebih memilih berjalan kaki, sedangkan untuk perjalanan dengan waktu tempuh lebih dari 30 menit, layanan akan terlalu membebani dan mahal bagi pengguna.

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 07 frontiersin.org](#)
Nigro dkk. 10.3389/futtr.2024.1391100

diharapkan, sedangkan pada tahap kedua, kami menyajikan kepada mereka waktu akses yang ditingkatkan sebesar setengah dari waktu akses yang diharapkan yang dinyatakan.

Mengenai masalah keselamatan, serupa dengan klasifikasi tingkat stres lalu lintas (LTS) oleh [Selanjutnya, Mekuria dan Nixon \(2016\)](#), keamanan e-micromobility dinilai menggunakan skala Likert yang berkisar antara 0 dan 4, dimana 0 mewakili kesediaan pengguna untuk menggunakan kendaraan e-micromobility dalam kondisi keselamatan jalan apa pun, 3 mewakili kesediaan pengguna untuk menggunakan kendaraan e-micromobility hanya pada saat berkendara. jalur sepeda secara fisik terpisah dari lalu lintas, dan, terakhir, 4 menunjukkan pengguna yang tidak akan pernah menggunakan kendaraan e-micromobility terlepas dari kondisi infrastrukturnya. Dalam skenario dimana keselamatan yang dirasakan sangat rendah, kendaraan tidak dianggap sebagai pilihan yang tersedia bagi pengguna.

Beberapa fitur didefinisikan sebagai variabel biner atau ordinal untuk menyederhanakan segmentasi pasar. Ini

Sama seperti waktu perjalanan e-mobilitas mikro, fitur atau perilaku tertentu lainnya tidak diminta secara eksplisit dari pengguna. Oleh karena itu, hal ini telah disimulasikan dan diproses dengan tepat untuk dimasukkan dalam proses kalibrasi. Misalnya, dengan mempertimbangkan simulasi waktu perjalanan e-mobilitas mikro dan biaya yang bersedia diterima pengguna untuk bepergian dengan kendaraan mikro bersama, opsi harga potensial dihitung dengan memberikan dua skenario kepada pengguna untuk dipilih. Pada skenario pertama, biaya perjalanan dihitung dengan menaikkan harga saat ini sebesar standar deviasi biaya yang diusulkan, sedangkan pada skenario kedua, harga perjalanan diturunkan dengan jumlah yang sama.

Dua skenario juga disajikan untuk waktu akses, yang mengacu pada durasi waktu yang bersedia dilalui pengguna untuk mencapai kendaraan mikro elektronik bersama tertentu. Pada tahap pertama, pengguna disajikan dengan waktu akses yang telah dikurangi separuh dari waktu yang

termasuk yang berikut:

- gender, sebagai atribut biner (1 jika perempuan, 0 jika tidak);
- usia, sebagai variabel ordinal dengan enam kelas (18–24, 25–34, 35–44, 45–54, 55–65, >65);
- age_bis, sebagai atribut biner (1 jika usia ≤34 tahun, 0 jika tidak);
- tingkat pendidikan, sebagai variabel ordinal (mulai dari 0 jika pengguna tidak memiliki pendidikan hingga 5 jika pengguna memiliki gelar pascasarjana).

Kepemilikan kendaraan mikromobilitas, serta kecenderungan pengguna untuk akhirnya membeli kendaraan mikro, adalah keduanya

melampaui durasi maksimum yang bersedia dilalui pengguna untuk mencapainya, dan biaya layanan yang disajikan dalam skenario tertentu berada dalam kisaran yang dapat diterima pengguna untuk perjalanan komuter tertentu, maka layanan bersama dianggap sebagai opsi yang layak.

3.2.2 Spesifikasi model, kalibrasi, dan validasi

Model logit multinomial termasuk dalam keluarga model utilitas acak (Kereta Api, 2002). Hipotesis dasarnya adalah bahwa pengguna (pengambil keputusan) i menugaskan setiap alternatif j dalam kumpulan pilihannya sebuah utilitas atau “daya tarik” yang dirasakan U_{ij} dan memilih alternatif yang memaksimalkan utilitas ini. Utilitas yang dirasakan U untuk setiap pilihan j bagi pengguna i dapat diasumsikan sebagai jumlah dari dua istilah: utilitas sistematis V dan diperhitungkan dalam model kendaraan e-mobilitas mikro berbasis kepemilikan. Artinya, dan tidak berniat membeli jika pengguna tidak memiliki V_{ij} k

satu, maka alternatif berbasis kepemilikan tidak tersedia bagi mereka, dan mereka dikeluarkan dari sampel model berbasis kepemilikan.

Pilihan pengguna kemudian ditentukan dengan membandingkan informasi yang mereka nyatakan dengan skenario hipotetis yang disajikan. Misalnya:

- jika waktu perjalanan dengan kendaraan e-mikro tidak melebihi waktu perjalanan maksimum yang dapat diterima pengguna, dan keamanan infrastruktur yang dirasakan dari skenario yang diusulkan setidaknya sama dengan persyaratan minimum pengguna, maka kepemilikan kendaraan e-mikro dipertimbangkan menjadi pilihan yang layak;
- Selain kondisi yang disebutkan di atas, jika waktu yang diperlukan untuk mengakses layanan berbagi e-mobilitas mikro tidak

dibentuk oleh jumlah logaritma natural dari probabilitas alternatif terpilih (j') dari setiap pengguna i (Persamaan. 4):

$$\text{di hal}^j_{\text{Saya}} V^j_{\text{Saya}} X^j_{\text{saya}, k}, B_k, \theta. \quad (4)$$

di L b, θ

Saya

Di luar model logit “standar”, sebuah varian juga telah diselidiki: logit yang diberi sanksi (juga disebut logit

kesalahan acak ϵ (Persamaan. 1):

$$\text{DI DALAM}^j_{\text{Saya}} V^j_{\text{Saya}} + e^j_{\text{Saya}}. \quad (1)$$

Model logit mengasumsikan elemen acak ϵ_j terdistribusi secara independen dan identik dengan distribusi Gumbel dengan parameter skala θ . Hipotesis ini memungkinkan penghitungan probabilitas pilihan p dengan bentuk tertutup (Persamaan. 2):

$$P^j_{\text{Saya}} \text{ Dan } V^j_{\text{Saya}} \theta, \text{ Dan } V^j_{\text{Saya}} \theta. \quad (2)$$

Utilitas sistematis bagian V adalah rata-rata utilitas yang dirasakan di antara semua individu yang mempunyai karakteristik yang sama. Hal ini dinyatakan sebagai fungsi dari variabel penjelas (atribut $X^j_{\text{saya}, k}$) relatif terhadap alternatif j dan pengambil keputusan (pengguna) i . Meskipun fungsi V dapat berupa jenis apa pun, untuk memudahkan analisis dan statistik, biasanya diasumsikan bahwa utilitas sistematisnya adalah kombinasi linier dari variabel penjelas $X^j_{\text{saya}, k}$ (atau transformasi fungsionalnya), dengan bobot dalam kombinasi linier adalah β_k koefisien. Variabel dummy biasanya disertakan dalam utilitas sistematis dari alternatif generik j ; nilainya 1 untuk alternatif j dan 0 untuk alternatif lainnya. Variabel ini biasanya dinotasikan sebagai atribut spesifik alternatif (ASA) atau atribut “preferensi modal”, dan koefisiennya dikenal sebagai konstanta spesifik alternatif (ASC) (Persamaan. 3).

$$(1 + \text{ASC}^j_{\text{terjadi}}). \quad (3)$$

B_k hal $X^j_{\text{saya}, k}$

Dalam semua model logit binomial, yang mewakili tingkat pohon keputusan yang lebih rendah Gambar 4, utilitas sistematis V dari tidak mengadopsi mobilitas elektronik (baik yang dimiliki maupun digunakan bersama) ditetapkan sebagai alternatif referensi dan, oleh karena itu, ditetapkan sama dengan 0. Atribut utama yang dipertimbangkan dalam semua fungsi utilitas sistematis lainnya adalah waktu tempuh, sedangkan atribut tambahan ditambahkan atau dihapus secara berurutan, dan signifikansi statistiknya diuji.

Untuk ketelitian, sikap seperti kebutuhan individu, nilai, selera, dan kemampuan (Eccarius dan Lu, 2020; Nikiforiadis dkk., 2021) secara tidak langsung tercakup dalam model yang diusulkan melalui karakteristik sosio-ekonomi atau melalui konstanta spesifik alternatif karena kemungkinan kesulitan dalam definisinya.

Estimasi koefisien terjadi melalui maksimalisasi logaritma natural dari fungsi kemungkinan,

Perbatasan di Transportasi Masa Depan 08 frontiersin.org
Nigro dkk. 10.3389/ffutr.2024.1391100

tertimbang; Bierlaire, 2018; Kereta Api, 2002; Casetta, 2009). Dalam model ini, sejumlah segmen pasar ditentukan berdasarkan karakteristik sosial ekonomi pengguna atau moda transportasi yang dipilih untuk melakukan perjalanan. Bobot w yang diberikan pada segmen pengguna g dapat meningkatkan atau menurunkan signifikansi probabilitas segmen tersebut dalam pemaksimalan fungsi log-likelihood, seperti yang dapat diamati pada Persamaan. 5:

saat ini diatur sebagai berikut (Liberto dkk., 2018): 1) setiap 30 detik ketika kendaraan berada di sepanjang jaringan jalan raya atau beberapa jalan utama di wilayah metropolitan; 2) setiap 2 km pada sisa jalan.

Dalam makalah ini, model yang dikalibrasi telah diterapkan pada kumpulan data FCD, yang disebut sebagai Kumpulan Data Mobil Terapung 2015, yang mencakup seluruh wilayah metropolitan Roma untuk mengevaluasi potensi permintaan e-mobilitas mikro di dalam kota. Kumpulan data tersebut mengacu pada 243.784 kendaraan yang dipantau setiap bulan, dengan lebih dari 300 juta perjalanan tercatat dan tingkat penetrasi sebesar 7% (Nigro

, 2021).
 di L b, θ θ (5)
 Di dalam G^P saya $\in g$ Prosedur lokasi tempat
 di hal J^J Saya V^J Saya X^J saya, k , B_k tinggal Nigro dkk. (2021)
 diimplementasikan untuk

Dengan demikian, logit yang diberi sanksi dapat bermanfaat ketika segmen pengguna terwakili secara tidak proporsional dalam sampel. Dalam penelitian kami, hal ini terjadi pada pengguna yang memilih layanan e-mobilitas mikro bersama. Setelah model ditentukan dan dikalibrasi, kewajaran dan signifikansi estimasi koefisien diverifikasi. Selain itu, kapasitas model untuk mereplikasi pilihan yang dibuat oleh sampel pengguna juga dievaluasi. Asumsi yang mendasari bentuk fungsional model juga diuji.

Secara khusus, pengujian pendahuluan (atau informal) mengacu pada ekspektasi mengenai tanda-tanda koefisien yang diestimasi dan hubungan antara nilainya. Selanjutnya, sifat asimtotik dari estimasi kemungkinan maksimum dieksploitasi untuk menguji asumsi yang berbeda pada parameter estimasi (pengujian formal). Hipotesis nol bahwa nilai sebenarnya dari suatu koefisien sama dengan nol dan estimasinya berbeda dari nol karena kesalahan pengambilan sampel telah diperiksa melalui uji-t dan uji nilai-p. Kemampuan model untuk mereproduksi pilihan yang dibuat oleh sampel pengguna telah diukur dengan menggunakan statistik rho-square ρ^2 . Statistik informal lainnya telah digunakan: %-of-right. Statistik ini berkaitan dengan persentase observasi dalam sampel yang alternatif terpilihnya adalah alternatif yang memiliki probabilitas maksimum seperti yang diprediksi oleh model. Statistik sintetik lain yang digunakan adalah persentase pilihan yang diamati dan diprediksi oleh model untuk setiap alternatif. Yang pertama diberikan oleh rasio antara jumlah pengguna yang memilih setiap alternatif dan jumlah total pengguna yang menerima alternatif tersebut (yaitu, pangsa pasar). Yang terakhir diperoleh sebagai rata-rata probabilitas pilihan yang diberikan oleh model untuk pengguna yang memiliki alternatif tersebut (yaitu, probabilitas yang disimulasikan; Casetta, 2009).

3.3 Data mobil mengambang dan potensi pergeseran

Artikel ini berfokus pada pengintegrasian sumber data baru, seperti FCD, dengan model RUM berbasis perilaku tradisional. FCD direkam dari kendaraan probe yang dilengkapi dengan perangkat, on-board unit (OBU), yang melacak posisi kendaraan dan mengumpulkan informasi pada cakupan spasial yang tinggi. OBU mencatat urutan titik lokasi selama perjalanan, selain titik mulai dan berhenti, sehingga menyimpan seluruh karakteristik jalur kendaraan. Frekuensi pencatatan posisi kendaraan adalah

analisis dan menggunakan teknik pengelompokan berdasarkan jumlah dan durasi pemberhentian semalam. Basis data yang disaring dan disempurnakan terdiri dari

dkk., 2022). FCD dikumpulkan pada bulan November 2015 dan telah dianalisis untuk menyaring potensi kesalahan, yaitu dengan menghilangkan perjalanan yang waktu dan jarak perjalanannya jauh (atau pendek) yang dianggap sebagai wilayah studi. Proses penggabungan perjalanan juga dilakukan untuk menyaring pemberhentian singkat (kurang dari 10 menit) untuk menghindari kesalahan akibat hilangnya sinyal GPS atau masalah fungsi mesin.

menentukan apakah titik Pendekatan ini
 awal/akhir perjalanan setiap memanfaatkan alat GIS
 kendaraan penyelidikan untuk spasial
 adalah rumahnya.

9.148.710 catatan, dimana 43,45% di antaranya berbasis rumah dan terjadi pada hari kerja.

Basis data mobil terapung lainnya, yang berfokus pada kotamadya Roma dan dikumpulkan pada Oktober 2019, digunakan untuk tujuan validasi. Jumlah perjalanannya sekitar tiga juta dengan melibatkan 43.270 kendaraan. Kriteria pemfilteran yang sama yang diterapkan pada Kumpulan Data Mobil Terapung 2015 digunakan di sini, sehingga memungkinkan analisis komparatif antara kedua kumpulan data tersebut. Dataset Mobil Terapung final tahun 2019 terdiri dari 808.370 catatan, dimana 44,20% di antaranya adalah perjalanan pulang-pergi pada hari kerja. Kumpulan data tahun 2015 dan 2019 sebelumnya telah digunakan dalam penelitian lain (Nigro dkk., 2021; Nigro dkk., 2022).

Mengingat ketertarikan kami terhadap potensi peralihan moda menuju pilihan e-mobilitas mikro untuk perjalanan komuter, kami hanya berfokus pada perjalanan pada hari kerja yang diklasifikasikan sebagai perjalanan rumahan dalam FCD, karena perjalanan ini memiliki kemungkinan tertinggi untuk menjadi perjalanan komuter. Untuk setiap catatan dan setiap kemungkinan skenario yang disajikan kepada pengguna sebelumnya, kegunaan dari alternatif yang dipertimbangkan, serta probabilitas pilihan, dihitung. Kemudian, untuk setiap alternatif, semua probabilitas yang dihitung dirata-ratakan terhadap jumlah total catatan FCD untuk memperoleh probabilitas pilihan rata-rata. Probabilitas pilihan rata-rata ini memberikan proporsi permintaan potensial dalam Kumpulan Data Mobil Terapung.

Beberapa atribut model tidak terdeteksi oleh OBU, sehingga harus dihitung dan dihipotesiskan melalui beberapa skenario untuk setiap record dataset. Waktu tempuh dengan kendaraan mikro dihitung dengan mengetahui lama perjalanan dan dengan asumsi, seperti yang dijelaskan di atas, kecepatan rata-rata 20 km/jam untuk sepeda elektronik dan 10 km/jam untuk skuter elektronik. Biaya layanan berbagi diasumsikan merupakan fungsi dari waktu perjalanan kendaraan mikro yang dihasilkan dan berbagai biaya yang diterapkan oleh perusahaan berbagi di Roma, dengan mempertimbangkan, khususnya, biaya termurah, termahal, dan rata-rata. Tingkat keamanan infrastruktur dan waktu akses tidak berhubungan dengan Kumpulan Data Mobil Terapung; oleh karena itu, mereka didefinisikan berdasarkan skenario yang berbeda.

Data yang dikumpulkan menunjukkan bahwa 4% dan 32% responden masing-masing tidak bersedia menggunakan e-bike atau e-scooter, terlepas dari kondisi keselamatan yang ada. Namun, 28% pengguna menyatakan kesediaannya untuk membeli kendaraan mikro (24% mengatakan akan membeli e-bike, dan 32% mengatakan akan membeli e-skuter). Hal ini jelas bahwa

layanan berbagi skuter elektronik vs. tidak mengadopsi (yaitu, tetap menggunakan moda transportasi saat ini);

kesediaan untuk menggunakan kendaraan mikro dan kesediaan untuk membeli, meskipun ada masalah keamanan, saling terkait. Berdasarkan pengamatan yang dikumpulkan, kami berpendapat bahwa pengguna yang tidak ingin menggunakan kendaraan mikro dalam kondisi keselamatan apa pun juga tidak bersedia membelinya. Oleh karena itu, kesediaan untuk membeli kendaraan secara implisit disertakan dengan mempertimbangkan alternatif yang tersedia hanya untuk 28% catatan.

Kesediaan untuk membeli kendaraan mikro tidak relevan dalam model yang menanyakan minat pengguna dalam penggunaan layanan bersama; dengan demikian, hanya kesediaan untuk menggunakan kendaraan meskipun ada masalah keselamatan yang dipertimbangkan, dan ketersediaan alternatif mobilitas mikro disesuaikan berdasarkan persentase sampel yang tidak bersedia menggunakan kendaraan mikro dalam kondisi keselamatan apa pun.

Untuk lebih jelasnya, berikut penjelasan langkah demi langkah metodologi simulasi:

1. untuk setiap perjalanan pulang-pergi dalam kumpulan data FCD, variabel independen diekstraksi;
2. untuk model berbagi, batasan waktu perjalanan dipertimbangkan untuk setiap perjalanan (yaitu, ketika waktu perjalanan kurang dari 5 menit atau lebih tinggi dari 30 menit, tidak ada peluang untuk memilih opsi berbagi);
3. untuk setiap perjalanan dan setiap skenario, probabilitas untuk setiap alternatif dihitung. Kemudian diperoleh probabilitas rata-rata untuk setiap skenario;
4. untuk model kepemilikan, ketersediaan alternatif disesuaikan dengan mempertimbangkan persentase pengguna yang bersedia membeli kendaraan (rata-rata 28%);
5. untuk model berbagi, ketersediaan alternatif disesuaikan dengan mempertimbangkan persentase pengguna yang tidak bersedia menggunakan kendaraan mikro dalam kondisi keselamatan apa pun;
6. hasil simulasi divalidasi menggunakan dataset FCD yang berbeda.

4 Hasil pemodelan dan

pembahasan 4.1 Hasil kalibrasi

RUM yang dikalibrasi disajikan di bagian ini. Model-model tersebut disusun untuk mengatasi berbagai tingkat pohon keputusan. Untuk pohon keputusan tingkat bawah, kami telah mengkalibrasi model logit binomial berikut:

- model 1—mengadopsi e-bike yang dimiliki vs. tidak mengadopsi (yaitu, tetap menggunakan moda transportasi yang ada saat ini);
- model 2—mengadopsi skuter elektronik yang dimiliki vs. tidak mengadopsi (yaitu, tetap menggunakan moda transportasi yang ada saat ini);
- model 3 (logit yang dikenakan sanksi)—mengadopsi layanan berbagi sepeda elektronik vs. tidak mengadopsi (yaitu, tetap menggunakan moda transportasi saat ini); • model 4 (logit yang dikenakan sanksi)—mengadopsi

Di tingkat atas pohon keputusan, kami telah mengembangkan model logit berpenalti trinomial. Model ini mengevaluasi pilihan untuk memiliki kendaraan mikro, menggunakan layanan berbagi mobilitas elektronik, dan tetap menggunakan moda transportasi saat ini. Semua model ini dikalibrasi menggunakan Biogeme, sebuah aplikasi perangkat lunak sumber terbuka yang dirancang untuk memperkirakan model pilihan diskrit, seperti pada [Bierlaire \(2023\)](#).

4.2 Model 1—mengadopsi e-bike milik sendiri

Eksprei utilitas sistematis V terkait dengan model yang dikalibrasi didasarkan pada Persamaan. 6. Fitur dan faktor yang dipertimbangkan oleh model adalah waktu perjalanan dengan e-bike, variabel dummy age_bis (seperti yang dijelaskan dalam [Bagian 3.2](#)), dan tingkat keamanan infrastruktur.

Beberapa observasi diperoleh dari masing-masing responden; secara khusus, empat skenario tingkat keselamatan infrastruktur ditentukan, sehingga memperoleh total 956 observasi dan 740 kasus (yaitu, jumlah total observasi dikurangi yang tidak tersedia; [Tabel 2](#)). Utilitas sistemik untuk memilih alternatif “mengadopsi e-bike” diungkapkan sebagai berikut:

$$V_{\text{mengadopsi sepeda elektronik milik sendiri ebike}} = B_{\text{waktu}} \text{ waktu perjalanan} + b_{\text{keamanan}} \text{ tingkat keamanan infrastruktur} + b_{\text{usia sampel}} \text{ usia sampel} + \text{ASC}. (6)$$

Koefisien yang dikalibrasi dan uji evaluasi model disorot dalam [Tabel 2](#). Seperti yang diharapkan, kemungkinan penggunaan e-bikes berkurang jika waktu perjalanan bertambah; Artinya, pengguna lebih memilih untuk tetap melakukan perjalanan seperti biasa. Untuk meningkatkan tingkat keselamatan infrastruktur, terdapat kecenderungan yang lebih tinggi untuk beralih ke sepeda elektronik (tanda positif dari koefisien β). Koefisien negatif untuk age_bis berarti bahwa e-bike yang dimiliki sebagian besar dipilih oleh pengguna dengan usia >34 tahun: orang lanjut usia mungkin lebih mampu membeli e-bike dan juga memiliki lebih sedikit energi untuk menggunakan e-skuter. Orang lanjut usia mungkin lebih akrab dengan sepeda (dan juga e-bike) dibandingkan e-skuter.

4.3 Model 2—mengadopsi e-skuter milik sendiri

Utilitas sistemik untuk memilih alternatif “mengadopsi e-skuter milik” dinyatakan sebagai berikut:

$$V_{\text{mengadopsi e-skuter milik sendiri}} = B_{\text{waktu}} \text{ eskuter waktu perjalanan} + b_{\text{keamanan}} \text{ tingkat keamanan infrastruktur} + b_{\text{usia}} \text{ usia} + \text{ASC}. (7)$$

Seperti pada model 1, fitur dan faktor yang mempengaruhi probabilitas pilihan adalah waktu perjalanan, tingkat keamanan infrastruktur, dan usia. Namun, usia diadopsi sebagai variabel ordinal dengan enam kelas, dan, seperti yang dilaporkan dalam [Tabel 3](#), koefisien negatifnya β berarti pengguna muda lebih cenderung mengadopsi skuter elektronik. Hasil ini mereplikasi temuan literatur ilmiah seperti yang dilaporkan dalam [Axhausen dan Reck \(2021\)](#)

Dan [Christoforou dkk. \(2021\)](#). Seperti pada model sebelumnya, ditetapkan empat skenario tingkat keamanan infrastruktur, sehingga diperoleh total observasi sebanyak 956 ([Tabel 3](#)). Di dalam [Tabel 3](#), koefisien yang diperoleh dari kalibrasi dan evaluasi model ditampilkan.

e-bike

Model logit yang dikenai sanksi telah diadopsi untuk mengevaluasi pembagian layanan e-mobilitas mikro. Dalam kedua kasus (misalnya, e-bike bersama dan e-skuter bersama), bobot yang lebih tinggi dari yang dimiliki

4.4 Model 3 (logit yang dikenakan sanksi)—mengadopsi layanan berbagi

TABEL 2 Adopsi e-bike yang dimiliki.

Mengadopsi e-bike yang dimiliki	22,43%			
Bukan mengadopsi	77,57%			
Atribut	Koefisien (β)	Deviasi Standar	uji-t	nilai p
Waktu tempuh e-bike [mnt]	-0,053	0,006	-9.10	0,00
Tingkat keamanan infrastruktur	1.196	0,123	9.75	0,00
Umur_sampai	-1.106	0,229	-4.82	0,00
ASC	-0.861	0,277	-3.11	0,00
Statistik kesesuaian model				
Jumlah responden	239			
Jumlah observasi	956			
Jumlah kasus	740			
Kemungkinan log nol	-512.93			
Kemungkinan log terakhir	-255.72			
Uji rasio kemungkinan	514.41			
Rho-persegi	0,501			
Kotak rho yang disesuaikan	0,494			
Rho-kuadrat pada konstanta saja	0,232			
Tes simulasi				
%-benar	85,13%			
Probabilitas yang disimulasikan				
Mengadopsi e-bike yang dimiliki	22,43%			
Bukan mengadopsi	77,57%			

telah ditetapkan ke grup pengguna yang memilih layanan bersama karena ini adalah kumpulan pilihan yang paling tidak seimbang (hanya 8,84% dari catatan di data panel berpotensi tertarik untuk beralih ke e-bike bersama, dan hanya 6,88% yang tertarik untuk beralih ke berbagi e-skuter).

Mengatur bobot berat Persamaan dengan benar. 5 Hal yang mendasar: jika kita menambah bobot terlalu banyak,

hal ini dapat meningkatkan kemungkinan memilih e-bike bersama secara berlebihan sehubungan dengan probabilitas sampel dan juga mengurangi signifikansi statistik dari beberapa parameter. Untuk tujuan ini, kami melakukan analisis sensitivitas untuk nilai wg yang berbeda: nilai yang sama dengan 1,80 mewakili kompromi yang baik antara keakuratan dalam mereplikasi dua opsi pemilihan dan signifikansi statistik dari parameter model.

Dibandingkan dengan faktor-faktor sebelumnya dalam model berbasis layanan berbagi, dua faktor tambahan dimasukkan dalam utilitas sistematis: biaya layanan dan waktu untuk mengakses kendaraan mikro elektronik. Kemudian, utilitas sistemik untuk memilih alternatif “mengadopsi layanan berbagi e-bike” diungkapkan sebagai berikut:

$$V_{\text{mengadopsi sepeda elektronik bersama}} + \beta_{\text{waktu}} \text{waktu perjalanan ebike} + \beta_{\text{keamanan}} \text{tingkat keamanan infrastruktur} + \beta_{\text{mengakses}} \text{waktu akses} + \beta_{\text{biaya}} \text{biaya. (8)}$$

ASC telah dihilangkan dalam model akhir, karena nilai estimasinya mendekati nol secara signifikan. Di sini, empat skenario tingkat keamanan infrastruktur, dua skenario biaya layanan, dan dua skenario waktu akses menghasilkan total observasi 3,792 (Tabel 4).

4.5 Model 4 (logit yang dikenakan

sanksi)—mengadopsi layanan berbagi skuter elektronik

Model yang terkena sanksi juga dikalibrasi untuk layanan berbagi e-skuter, di mana bobot yang lebih tinggi dari satu telah diberikan kepada kelompok pengguna yang memilih layanan e-skuter bersama. Secara khusus, nilai wg untuk fungsi log-likelihood yang dikenakan sanksi pada Persamaan. 5 telah ditetapkan sama dengan 2,40.

Seperti pada model sebelumnya, empat skenario tingkat keamanan infrastruktur, dua skenario biaya layanan, dan dua skenario waktu akses menghasilkan total observasi 3,792 (Tabel 5). Namun, berbagi e-skuter dianggap tidak tersedia bagi pengguna jika waktu perjalanan mereka kurang dari 5 menit atau lebih dari 30 menit. Selain itu, 32% sampel tidak bersedia menggunakan e-skuter dalam kondisi apa pun. Faktor-faktor ini menghasilkan penurunan yang signifikan dalam hal jumlah kasus yang tersedia

TABEL 3 Adopsi e-skuter milik sendiri.

Mengadopsi e-skuter milik	10,86%			
Bukan mengadopsi	89,14%			
Atribut	Koefisien (β)	Deviasi Standar	uji-t	nilai p
Waktu tempuh e-skuter [mnt]	−0,070	0,010	−6.91	0,00
Tingkat keamanan infrastruktur	1.245	0,225	5.54	0,00
Usia	−1.25	0,220	−5.96	0,00
ASC	1.826	0,703	2.60	0,01
Statistik kesesuaian model				
Jumlah responden	239			
Jumlah pengamatan	956			
Jumlah kasus	488			
Kemungkinan log nol	−338.26			
Kemungkinan log terakhir	−83.21			
Uji rasio kemungkinan	510.09			
Rho-persegi	0,754			
Kotak rho yang disesuaikan	0,742			
Rho-kuadrat pada konstanta saja	0,504			
Tes simulasi				
%-benar	92,62%			
Probabilitas yang disimulasikan				
Mengadopsi e-skuter milik	10,86%			
Bukan mengadopsi	89,14%			

kalibrasi. Dalam model yang diberi sanksi ini, waktu perjalanan tidak ditemukan signifikan secara statistik karena waktu perjalanan dan biaya layanan berbagi skuter elektronik ditemukan sangat berkorelasi (koefisien Pearson R sama dengan 0,81). Kemudian, manfaat sistemik dari memilih alternatif “mengadopsi layanan berbagi e-skuter” diungkapkan sebagai berikut:

$$V_{\text{mengadopsi skuter elektronik bersama}} = B_{\text{keamanan}} p \text{ tingkat keamanan infrastruktur} + \beta_{\text{mengakses}} p \text{ waktu akses} + \beta_{\text{biaya}} \text{ biaya p. (9)}$$

4.6 Model 5—logit yang dikenakan sanksi trinomial

Ketiga alternatif tersebut memuat waktu tempuh masing-masing (alternatif 1 dan 2 dengan kendaraan mikro listrik, yaitu e-bike plus e-skuter; alternatif 3 dengan moda transportasi saat ini). Alternatif berbasis e-mobilitas mikro (1 dan 2) juga mempertimbangkan tingkat keamanan infrastruktur, sedangkan alternatif 2 (yang digunakan bersama) mempertimbangkan biaya layanan dan waktu akses. Dalam spesifikasi model akhir, hanya perkiraan ASC yang sesuai alternatif 3 ditemukan berbeda secara signifikan dari nol dan oleh karena itu dimasukkan.

Bobot yang lebih tinggi dari satu telah ditetapkan pada kelompok pengguna yang memilih e-mikromobilitas bersama. Secara khusus, nilai wg untuk fungsi log-likelihood yang dikenakan sanksi pada Persamaan. 5 telah ditetapkan sama dengan 1,80.

Total pengamatan meningkat sehubungan dengan set kalibrasi lainnya karena kebutuhan untuk menggabungkan kedua skenario terkait e-skuter bersama dan e-bike bersama serta kemungkinan berpindah atau tidak ke kendaraan mikro elektronik milik sendiri. Kemudian, utilitas sistemik untuk memilih tiga alternatif yang teridentifikasi dinyatakan sebagai berikut:

$$V_{1 \text{ milik e () -mikro}} = B_{\text{waktu}} \text{ kendaraan elektronik perjalanan waktu} + b_{\text{keamanan}} \text{ tingkat keamanan infrastruktur}$$
$$V_{2 \text{ bersama e () -mikro}} = B_{\text{waktu}} \text{ waktu perjalanan kendaraan elektronik} + b_{\text{keamanan}} \text{ tingkat keamanan infrastruktur} + b_{\text{mengakses}} \text{ waktu akses} + \beta_{\text{biaya}} \text{ biaya (10)}$$
$$V_{3 \text{ mode saat ini ()}} = B_{\text{waktu}} \text{ waktu perjalanan mode saat ini} + \text{ASC.}$$

Koefisien yang dikalibrasi dan evaluasi model yang menunjukkan tingkat akurasi prediksi yang tinggi ditunjukkan pada Tabel 6.

TABEL 4 Penerapan layanan berbagi e-bike (logit yang dikenakan sanksi).

Mengadopsi e-bike bersama	8,84%			
Bukan mengadopsi	91,16%			
Atribut	Koefisien (β)	Deviasi Standar	uji-t	nilai p
Waktu tempuh e-bike [mnt]	−0,039	0,016	−2.26	0,02
Tingkat keamanan infrastruktur	0,603	0,087	6.93	0,00
Waktu akses [menit]	−0.141	0,019	−7.26	0,00
Biaya [€]	−0,509	0,136	−3.75	0,00
Statistik kesesuaian model				
Jumlah responden	239			
Jumlah observasi	3.792			
Jumlah kasus	848			
Kemungkinan log nol	−629.38			
Kemungkinan log terakhir	−323.57			
Uji rasio kemungkinan	611.61			
Rho-persegi	0,486			

Kotak rho yang disesuaikan	0,480			
Rho-kuadrat pada konstanta saja	0,393			
Tes simulasi				
%-benar	91,15%			
Probabilitas yang disimulasikan				
Mengadopsi e-bike bersama	15,66%			
Bukan mengadopsi	84,34%			

4.7 Simulasi FCD 2015 dan diskusi

Simulasi diwujudkan dengan menerapkan model RUM pada Dataset Mobil Terapung 2015. Seperti yang dilaporkan di bagian metodologi, satu-satunya perjalanan FCD yang dipertimbangkan adalah perjalanan berbasis rumah pada hari kerja (metode yang diadopsi untuk mendapatkan perjalanan FCD berbasis rumah dapat ditemukan di [Nigro dkk., 2021](#)).

Potensi permintaan kendaraan e-mobilitas mikro yang dimiliki pertama-tama dihitung melalui model binomial logit “standar” (Model 1 dan 2). Karena kedua model memerlukan fitur usia, maka dalam simulasi, usia ditetapkan untuk setiap perjalanan FCD melalui metode pemilihan roda roulette ([Lata dan Asha, 2017](#)), sehingga memastikan data mencerminkan distribusi usia penduduk Roma (dengan mempertimbangkan hanya populasi usia mengemudi). Hasilnya menunjukkan bagaimana potensi permintaan dapat bervariasi tergantung pada tingkat keamanan infrastruktur ([Tabel 7](#)): memastikan jalur terpisah sehubungan dengan arus kendaraan (keamanan infrastruktur tingkat 2 dan 3) memungkinkan tercapainya potensi permintaan sebesar 4%–7%. Permintaan tersebut menurun menjadi 1%–3% ketika interaksi dengan aliran lain bersifat wajib (tingkat keamanan infrastruktur 0 dan 1).

Nilai yang lebih rendah dari potensi permintaan e-skuter sehubungan dengan e-bike tampaknya menegaskan kecenderungan yang lebih rendah untuk menggunakan

e-skuter karena

untuk perbedaan mode mengemudinya. Model logit binomial yang dikenakan sanksi (Model 3 dan 4) diadopsi untuk menghitung potensi permintaan kendaraan mikro listrik bersama. Dalam hal ini, dimungkinkan untuk menganalisis bagaimana potensi permintaan dapat bervariasi sebagai fungsi dari tingkat keamanan infrastruktur, waktu akses, dan biaya layanan. Oleh karena itu, analisis sensitivitas untuk masing-masing faktor sebelumnya dilakukan, menetapkan faktor-faktor yang tersisa ke nilai yang paling disukai (analisis sensitivitas mono-dimensi).

Potensi permintaan ([Tabel 8](#)) berkisar antara 3% hingga 12% untuk e-skuter bersama dan dari 6% hingga 16% untuk e-bike bersama. Dampak tertinggi terhadap permintaan berasal dari tingkat keamanan infrastruktur yang menunjukkan variasi tertinggi antara skenario terbaik dan terburuk (perbedaan sekitar 10 poin persentase). Biaya layanan menunjukkan dampak penting terhadap permintaan skuter elektronik bersama, sedangkan dampaknya terhadap sepeda elektronik bersama serupa dengan dampak waktu akses.

Akhirnya, model trinomial yang dihukum ([Tabel 9](#)) diterapkan, melaporkan total potensi permintaan (baik yang dimiliki maupun dibagi) dan melakukan analisis sensitivitas monodimensi. Model trinomial tampaknya lebih “berhati-hati” dibandingkan model binomial karena model ini mencapai nilai permintaan potensial yang lebih rendah; memang potensi permintaan memiliki nilai maksimum sekitar 14%

TABEL 5 Penerapan layanan berbagi e-skuter (logit yang dikenakan sanksi).

Mengadopsi e-skuter bersama	6,88%			
Bukan mengadopsi	93,12%			
Atribut	Koefisien (β)	Deviasi standar	uji-t	nilai p
Tingkat keamanan infrastruktur	0,806	0,210	3.84	0,00
Waktu akses [menit]	−0,077	0,028	−2.76	0,00
Biaya layanan [€]	−0.624	0,130	−4.81	0,00
Statistik kesesuaian model				
Jumlah responden	239			

Jumlah observasi	3.792			
Jumlah kasus	160			
Kemungkinan log nol	-121.58			
Kemungkinan log terakhir	-65.30			
Uji rasio kemungkinan	112.55			
Rho-persegi	0,463			
Kotak rho yang disesuaikan	0,438			
Rho-kuadrat pada konstanta saja	0,389			
Tes simulasi				
%-benar	94,37%			
Probabilitas yang disimulasikan				
Mengadopsi e-skuter bersama	15,44%			
Bukan mengadopsi	84,56%			

sehubungan dengan 16% yang dicapai oleh model binomial paling sederhana. Biaya layanan dan waktu akses juga mempengaruhi potensi permintaan; tingkat keselamatan infrastruktur juga mempunyai dampak tertinggi karena potensi permintaan dapat berkisar dari 1,60% dalam kondisi terburuk (level 0: kondisi jalan apa pun) hingga sekitar 14% dalam kondisi terbaik (level 3: hanya pada jalur sepeda yang secara fisik terpisah dari lalu lintas).

Kita dapat memperoleh beberapa wawasan dengan menerapkan hasil pemodelan pada konteks kebijakan spesifik di Roma. Rencana Sepeda kota saat ini sedang dikembangkan, dan analisis awal menunjukkan adanya potensi untuk mengalihkan 11% perjalanan mobil ke sepeda. Estimasi ini, berdasarkan rata-rata jarak perjalanan, waktu perjalanan (bila dibandingkan dengan perjalanan mobil), dan rata-rata kilometer harian yang ditempuh oleh pengguna mobil, tidak memperhitungkan faktor-faktor seperti kondisi infrastruktur. Model kami menekankan perlunya mempertimbangkan kondisi infrastruktur untuk menetapkan target yang realistis untuk alat perencanaan.

Mengenai fitur-fitur yang berkaitan dengan opsi berbagi, meskipun mobilitas mikro elektronik bersama tersedia secara luas di Roma karena kebijakan keadilan oleh otoritas publik, akses terhadap kendaraan mikro elektronik bervariasi di berbagai wilayah. Pendekatan kami memungkinkan dilakukannya investigasi terhadap potensi perubahan permintaan sebagai fungsi waktu akses. Misalnya, meningkatkan waktu akses hingga 10 menit dapat menurunkan penggunaan skuter elektronik bersama sebesar 3,41 poin persentase (dan sebesar 8,19 poin untuk

sepeda elektronik bersama). Ini adalah perkiraan global yang juga dapat dianalisis pada tingkat pasangan asal-tujuan individu.

Terakhir, dampak biaya layanan perlu diperhatikan, terutama dalam konteks pengembangan paket Mobility as a Service (MaaS). Roma saat ini sedang menguji coba proyek MaaS yang mencakup operator e-mobilitas bersama. Strategi yang berfokus pada pengurangan waktu akses dibandingkan peningkatan biaya layanan standar bisa sangat bermanfaat, terutama dari perspektif integrasi layanan.

4.8 Validasi oleh FCD 2019

Simulasi FCD 2019 diadopsi terutama untuk validasi. Hasil dalam hal potensi permintaan ([Tabel 10–12](#)) kurang lebih sama dengan yang diperoleh FCD 2015: tentu saja, jika perjalanan mobil menunjukkan perilaku yang sebanding dalam hal distribusi jarak tempuh ([Gambar 5](#)), hasil serupa diharapkan. Konsistensi ini juga menggarisbawahi keserbagunaan metode campuran yang diusulkan. Karena dapat ditransfer ke kota lain, asalkan data yang diperlukan tersedia, hal ini dapat membantu dalam mengevaluasi keuntungan dan kerugian berbagai strategi baik bagi perencanaan transportasi maupun operator jasa. Namun, penting untuk dicatat bahwa hasil ini sulit untuk digeneralisasi karena bergantung pada atribut perjalanan tertentu dan kondisi infrastruktur di tingkat jaringan.

TABEL 6 Model logit yang dikenakan sanksi trinomial.

E-mikro yang dimiliki	17,94%			

Berbagi e-mikro	1,09%			
Modus saat ini	80,97%			
Atribut	Koefisien (β)	Deviasi standar	uji-t	nilai p
Waktu perjalanan [menit]	-0,041	0,001	-28.10	0,00
Tingkat keamanan infrastruktur	1.028	0,032	31.80	0,00
Waktu akses [menit]	-0,090	0,014	-6.52	0,00
Biaya [€]	-0.291	0,047	-6.23	0,00
ASC	2.610	0,071	36.50	0,00
Statistik kesesuaian model				
Jumlah responden	239			
Jumlah observasi	15.168			
Jumlah kasus	9.376			
Kemungkinan log nol	-7175.06			
Kemungkinan log terakhir	-3.620,53			
Uji rasio kemungkinan	7109.06			
Rho-persegi	0,495			
Kotak rho yang disesuaikan	0,495			
Rho-kuadrat pada konstanta saja	0,315			
Tes simulasi				
%-benar	83,93%			
Probabilitas yang disimulasikan				
E-mikro yang dimiliki	17,75%			
Berbagi e-mikro	1,73%			
Modus saat ini	80,52%			

TABEL 7 Simulasi potensi permintaan kendaraan e-micromobility yang dimiliki.

	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
Potensi permintaan e-bike yang dimiliki	1,09%	2,62%	4,90%	7,10%
Simulasi dengan Model 2: mengadopsi e-skuter yang dimiliki vs. tidak mengadopsi				
	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
Potensi permintaan terhadap e-skuter yang dimiliki	0,83%	1,88%	3,72%	6,09%

5 Kesimpulan

Makalah ini menyajikan kerangka metodologi yang mengkalibrasi dan menerapkan model utilitas acak (RUM) pada perjalanan data mobil terapung (FCD), yang bertujuan untuk memperkirakan potensi pergeseran permintaan dari

mobil ke e-mobilitas mikro untuk tujuan perjalanan. Jadi, itu efektif

menggabungkan pendekatan perilaku probabilistik tradisional dengan strategi berbasis data yang menggabungkan FCD.

Kerangka kerja ini terutama terdiri dari empat tahap: 1)

melakukan survei preferensi yang terungkap (RP) dan elektronik, 2) mengkalibrasi model RUM, 3) melakukan preferensi yang dinyatakan (SP) mengenai kebiasaan simulasi bepergian dan kecenderungan untuk beralih ke mobilitas

TABEL 8 Simulasi potensi permintaan layanan e-mobilitas bersama.

Potensi permintaan untuk e-bike bersama	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
	6,31%	9,43%	13,01%	16,51%
	Biaya minimal	Biaya rata-rata	Biaya maksimal	
	16,51%	12,38%	9,18%	
	Akses segera	Waktu akses 3 menit	Waktu akses 6 menit	Waktu akses 10 menit
	16,51%	14,10%	11,55%	8,32%
Simulasi dengan Model 4 (logit yang dikenakan sanksi): mengadopsi layanan berbagi skuter elektronik vs				
Potensi permintaan untuk e-skuter bersama	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
	3,16%	5,71%	9,10%	12,65%
	Biaya minimal	Biaya rata-rata	Biaya maksimal	
	12,65%	9,57%	6,22%	
	Akses segera	Waktu akses 3 menit	Waktu akses 6 menit	Waktu akses 10 menit
	12,65%	11,66%	10,63%	9,24%

TABEL 9 Simulasi potensi permintaan e-mobilitas mikro (baik milik bersama maupun milik).

Permintaan potensial	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
	1,60%	3,89%	8,15%	14,25%
	Biaya minimal	Biaya rata-rata	Biaya maksimal	
	14,25%	12,53%	11,09%	
	Akses segera	Waktu akses 3 menit	Waktu akses 6 menit	Waktu akses 10 menit
	14,25%	12,94%	11,75%	10,38%

TABEL 10 Simulasi potensi permintaan kendaraan e-micromobility yang dimiliki (validasi).

	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
Potensi permintaan e-bike yang dimiliki	1,09%	2,63%	4,93%	7,17%
Simulasi dengan Model 2: mengadopsi e-skuter yang dimiliki vs. tidak mengadopsi				
	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
Potensi permintaan terhadap	0,83%	1,89%	3,72%	6,11%

e-skuter yang dimiliki				
------------------------	--	--	--	--

skenario menggunakan FCD, dan 4) memvalidasi hasilnya. Pendekatan ini dapat segera diterapkan di kota-kota lain yang memiliki akses terhadap FCD atau sumber data serupa yang menangkap karakteristik perjalanan mobil.

RUM dikembangkan secara berurutan, dimulai dengan aspek mendasar dari model peralihan modal (waktu perjalanan) dan secara bertahap menggabungkan fitur-fitur tambahan. Model ini membedakan jenis kendaraan mikro (sepeda elektronik dan skuter elektronik) dan jenis kepemilikan, yang berpuncak pada model trinomial yang mengevaluasi tiga pilihan: mengambil kendaraan mikro yang dimiliki, menggunakan layanan berbagi mobilitas mikro elektronik, atau terus menggunakan moda transportasi saat ini. Itu

model yang dikalibrasi telah digunakan untuk

mensimulasikan potensi peralihan dari mobil ke e-mobilitas mikro, yang menunjukkan bahwa potensi permintaan e-mobilitas mikro dapat berkisar antara 14% dalam skenario terbaik (biaya rendah, aksesibilitas tinggi, dan tingkat keselamatan jalan raya) hingga sekitar 2% dalam skenario terburuk (biaya tinggi, aksesibilitas rendah, dan tingkat keselamatan jalan rendah). Faktor utama yang mempengaruhi adalah tingkat keamanan infrastruktur, khususnya keberadaan jalur sepeda (baik terpisah secara fisik atau bersifat sementara). Untuk kebijakan e-mobilitas mikro yang efektif, penting untuk mengatasi aspek terkait pasokan seperti memisahkan arus lalu lintas yang berbeda dan menghubungkan jaringan sepeda yang terfragmentasi. Selain itu, waktu akses dan biaya layanan juga mempengaruhi

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 16 frontiersin.org](https://doi.org/10.3389/ffutr.2024.1391100)
Nigro dkk. 10.3389/ffutr.2024.1391100

TABEL 11 Simulasi potensi permintaan layanan e-mobilitas bersama (validasi).

Potensi permintaan untuk e-bike bersama	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
	6,33%	9,45%	13,03%	16,59%
	Biaya minimal	Biaya rata-rata	Biaya maksimal	
	16,59%	12,43%	9,27%	
	Akses segera	Waktu akses 3 menit	Waktu akses 6 menit	Waktu akses 10 menit
	16,59%	14,12%	11,55%	8,30%
Simulasi dengan Model 4 (logit yang dikenakan sanksi): mengadopsi layanan berbagi skuter elektronik vs				
Potensi permintaan untuk e-skuter bersama	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
	3,14%	5,68%	9,04%	12,57%
	Biaya minimal	Biaya rata-rata	Biaya maksimal	
	12,57%	9,50%	6,18%	
	Akses segera	Waktu akses 3 menit	Waktu akses 6 menit	Waktu akses 10 menit
	12,57%	11,59%	10,56%	9,18%

TABEL 12 Simulasi potensi permintaan e-mobilitas mikro (validasi bersama dan dimiliki).

Permintaan potensial	Tingkat keamanan infrastruktur 0	Keamanan infrastruktur tingkat 1	Tingkat keamanan infrastruktur 2	Tingkat keamanan infrastruktur 3
	1,59%	3,75%	7,50%	12,11%
	Biaya minimal	Biaya rata-rata	Biaya maksimal	
	12,11%	10,73%	9,64%	
	Akses segera	Waktu akses 3 menit	Waktu akses 6 menit	Waktu akses 10 menit

	12,11%	11,06%	10,15%	9,13%
--	--------	--------	--------	-------

GAMBAR 5
Distribusi jarak tempuh menurut FCD 2015 dan FCD 2019 (hingga 10 km).

permintaan akan layanan e-mobilitas bersama, meskipun tidak terlalu signifikan dibandingkan keamanan infrastruktur. Biaya layanan sangat berdampak pada skuter elektronik bersama, sementara pengaruhnya terhadap sepeda elektronik bersama sebanding dengan waktu akses.

Penelitian di masa depan dapat mengembangkan metode yang digunakan dalam kerangka ini. Selama fase survei, memperluas ukuran sampel dapat mengurangi potensi bias yang timbul dari tingkat respons. Karena RUM dikalibrasi menggunakan data panel, memeriksa korelasi antara respons dari individu yang sama dengan menggunakan model logit campuran dapat memberikan wawasan yang luas. Mengenai tahap simulasi, sedangkan FCD umumnya mewakili perjalanan mobil (Comi dan Polimeni, 2021), penyelidikan lebih lanjut terhadap identifikasi tujuan perjalanan dan perjalanan dalam rantai perjalanan harian diperlukan.

Terakhir, pesatnya perluasan e-micromobility memberikan peluang penelitian tambahan, seperti potensinya untuk meningkatkan konektivitas first-mile dan last-mile ke transportasi umum. Mempromosikan multimodalitas dalam perjalanan pulang pergi dapat membantu mengurangi kemacetan lalu lintas dan mendorong mobilitas aktif, sehingga berkontribusi terhadap pembangunan kota yang berkelanjutan dan layak huni.

Pernyataan ketersediaan data

Kumpulan data yang disajikan dalam artikel ini tidak tersedia karena berisi data pribadi. Permintaan untuk mengakses kumpulan data harus diarahkan ke marialisa.nigro@uniroma3.it.

Kontribusi penulis

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 17 frontiersin.org](https://doi.org/10.3389/ffutr.2024.1391100)
Nigro dkk. 10.3389/ffutr.2024.1391100

MN: konseptualisasi, metodologi, supervisi, penulisan-review dan editing, serta visualisasi. AC: metodologi, supervisi, penulisan-review dan editing, serta visualisasi. RD: kurasi data, analisis formal, dan penulisan-draf asli. MC: penulisan-draf asli dan penulisan-review dan editing.

Referensi

- Abduljabbar, RL, Liyanage, S., dan Dia, H. (2021). Peran mikromobilitas dalam membentuk kota berkelanjutan: tinjauan literatur sistematis. *Trans. Res. Bagian D Transp. Mengepung.* 92, 102734. doi:10.1016/j.trd.2021.102734
- Alonso, B., Musolino, G., Rindone, C., dan Vitetta, A. (2023). Estimasi diagram fundamental dengan sumber data heterogen: eksperimen di kota santander. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 12, 418. doi:10.3390/ijgi12100418
- Axhausen, K., dan Reck, D. (2021). Siapa yang menggunakan layanan mobilitas mikro bersama? Bukti empiris dari Zurich, Swiss. *Trans. Res. Bagian D Transp. Mengepung.* 94, 102803. doi:10.1016/j.trd.2021.102803
- Baek, K., Lee, H., Chung, J.-H., dan Kim, J. (2021). Berbagi skuter listrik: bagaimana masyarakat menilai skuter listrik sebagai moda transportasi jarak jauh? *Trans. Res. Bagian D* 2021, 102642. doi:10.1016/j.trd.2020.102642
- Bao, HXH, dan Lim, Y. (2022). Intervensi perilaku untuk adopsi mobilitas mikro: buah-buahan yang sulit dipecahkan atau kacang-kacangan yang sulit dipecahkan? *Trans. Res. Bagian F Psikol. Berperilaku.* 84, 423–441. doi:10.1016/j.trf.2021.12.011
- Bierlaire, M. (2018). Menghitung indikator dengan PandasBiogeme. Tersedia di: <https://transp-or.epfl.ch/documents/technicalReports/Bier18a.pdf>.
- Bierlaire, M. (2023). Pengenalan singkat tentang Biogeme. Laporan teknis TRANSP-OR 230620. Laboratorium Transportasi dan Mobilitas. ENAC: EPFL.
- Bretones, A., dan Marquet, O. (2022). Faktor sosiopsikologis terkait dengan adopsi dan penggunaan mikromobilitas listrik. *Tinjauan literatur. Trans. Kebijakan* 127, 230–249. doi:10.1016/j.tranpol.2022.09.008
- Cascetta, E. (2009). Analisis Sistem Transportasi: model dan aplikasi. New York: Peloncat.

Pendanaan

Penulis menyatakan bahwa dukungan finansial telah diterima untuk penelitian, penulisan, dan/atau publikasi artikel ini. Para penulis mengakui adanya pendanaan dari Kementerian Pembangunan Ekonomi Italia, dalam rangka Proyek Penelitian Nasional Sistem Kelistrikan 2019–2021,

yang diberikan kepada Departemen Teknik Universitas Roma Tre oleh Pusat Penelitian Enea.

klaim yang mungkin dibuat oleh produsennya, tidak dijamin atau didukung oleh penerbit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Dott Company yang telah berbagi informasi tentang kecepatan rata-rata e-skuter di Roma.

Konflik kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan tanpa adanya hubungan komersial atau keuangan yang dapat ditafsirkan sebagai potensi konflik kepentingan.

Para penulis menyatakan bahwa mereka adalah anggota dewan editorial *Frontiers*, pada saat penyerahan. Hal ini tidak berdampak pada proses tinjauan sejawat dan keputusan akhir.

Catatan penerbit

Semua klaim yang diungkapkan dalam artikel ini adalah sepenuhnya milik penulis dan tidak mewakili organisasi afiliasinya, atau milik penerbit, editor, dan pengulas. Produk apa pun yang mungkin dievaluasi dalam artikel ini, atau

Caspi, O., Smart, MJ, dan Noland, RB (2020). Asosiasi spasial dalam penggunaan skuter elektronik bersama tanpa dok, makalah yang dipresentasikan pada pertemuan tahunan ke-99 dewan penelitian transportasi, Washington, 2020

Castiglione, M., Comi, A., De Vincentis, R., Dumitru, A., dan Nigro, M. (2022). Pengiriman di daerah perkotaan: pendekatan perilaku probabilistik untuk memperkirakan penggunaan mobilitas mikro listrik. *Keberlanjutan* 14, 9075. 202. doi:10.3390/su14159075

Chang, A., Miranda-Moreno, L., Clewlow, R., dan Sun, L. (2019). Tren atau mode? Menguraikan faktor pendukung mobilitas mikro di A.S., Sebuah laporan dari sae internasional.

Christoforou, Z., De Bortoli, A., Gioldasis, C., dan Seidowsky, R. (2021). Siapa yang menggunakan e-skuter dan bagaimana caranya? Bukti dari Paris. *Trans. Res. Bagian D Transp. Mengepung*. 2021, 92.

Cirianni, F., Comi, A., dan Luongo, A. (2022). Pendekatan berkelanjutan untuk perencanaan rute pejalan kaki dan jalan setapak perkotaan dalam skenario pandemi. *TeMA – J. Tata Guna Lahan, Mobil. Mengepung*. 15 (1), 125–140. doi:10.6093/1970-9870/8629

Cirianni, FMM, Comi, A., dan Quattrone, A. (2023). Pusat kendali mobilitas dan kecerdasan buatan untuk kawasan perkotaan berkelanjutan. *Keterangan* 14 (10), 581. doi:10.3390/info14100581

Comi, A., Hriekova, O., dan Nigro, M. (2024). Menjelajahi keselamatan jalan raya di era mobilitas mikro: bukti dari Roma. *Trans. Res. Prosedur* 78, 55–62. doi:10.1016/j.trpro.2024.02.008

Comi, A., dan Polimeni, A. (2024). Menilai potensi manfaat keberlanjutan dari mobilitas mikro: pendekatan baru berbasis data. *euro. Trans. Res. Pdt.*doi:10.1186/s12544-024-00640-6

Perbatasan di [Transportasi Masa Depan 18 frontiersin.org](https://www.frontiersin.org)
Nigro dkk. 10.3389/ffut.2024.1391100

mempengaruhi penggunaan e-skuter bersama dan dampaknya terhadap penggantian mode otomatis. *Trans. Res. Bagian D* (99), 2021.

Ham, SW, Cho, J., Park, S., dan Kim, D. (2021). Model prediksi permintaan spatiotemporal untuk layanan berbagi e-skuter dengan fitur laten dan pembelajaran mendalam. *Trans. Res. Rek.* 2675 (11), 34–43. doi:10.1177/03611981211003896

Holve, V., Borgato, S., dan Bosetti, S. (2020). Penggunaan perangkat mikromobilitas yang aman di perkotaan. *Ditjen PINDAH, Silvia Maffii (TRT)*

Hossein Sabbaghian, M., Llopis-Castelló, D., dan García, A. (2023). Infrastruktur yang aman untuk mobilitas mikro: pengetahuan terkini. *Keberlanjutan* 15, 10140. doi:10.3390/su151310140

James, O., Swiderski, JI, Hicks, J., Teoman, D., dan Buehler, R. (2019). Pejalan kaki dan E-skuter: tinjauan awal terhadap parkir E-skuter dan persepsi pengendara dan non-pengendara. *Mempertahankan. MDPI* 11 (20), 5591. doi:10.3390/su11205591

Jiao, J., dan Bai, S. (2020). Memahami Perjalanan E-skuter Bersama di Austin, TX. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 9 (2), 135. doi:10.3390/ijgi9020135

Kwak, N., dan Radler, BA (2002). Perbandingan antara survei surat dan web: pola respons, profil responden, dan kualitas data. *J. statistik resmi* 2002 (18), 257–273.

Lata, Y.S., dan Asha, S. (2017). Studi perbandingan berbagai teknik seleksi dalam algoritma genetika. *Int. J.Eng. Sains. Matematika.* 6, 174–180.

Liberto, C., Valenti, G., Orchi, S., Lelli, M., Nigro, M., dan Ferrara, M. (2018). Dampak skenario mobilitas listrik di wilayah perkotaan besar: studi kasus Roma. *IEEE Trans. Intel. Trans. sistem.* 19, 2018. 3540–3549. doi:10.1109/TITS.2018.2832004

López-Molina, M., Llopis-Castelló, D., Pérez-Zuriaga, AM, Alonso-Troyano, C., dan García, A. (2023). Analisis ketahanan selip pada perkerasan jalur sepeda perkotaan untuk mobilitas mikro yang aman. *Keberlanjutan* 15, 698. doi:10.3390/su15010698

McKenzie, G. (2019). Analisis komparatif spatiotemporal pola penggunaan berbagi skuter dan berbagi sepeda di Washington, D.C. *J. Transp. geografi.* 78, 19–28. doi:10.1016/j.jtrangeo.2019.05.007

Mitropoulos, L., Stavropoulou, E., Tzouras, P., Karolemeas, C., dan Kepaptsoglou, K. (2023). Sistem mikromobilitas e-skuter: tinjauan atribut dan dampak. *Trans. Res. Interdisipliner. Perspektif.* 21, 100888. doi:10.1016/j.trip.2023.100888

Musolino, G., Rindone, C., dan Vitetta, A. (2022). Model untuk mendukung desain mobilitas sebagai layanan (MaaS). *Kota Cerdas* 5, 206–222. doi:10.3390/kota pintar5010013

Neun, N., Eichenberger, C., Xin, Y., Fu, C., Wiedemann, N., Martin, H., dkk. (2023). Kecepatan lalu lintas segmen metropolitan dari data mobil terapan masif di 10 kota. *IEEE Trans. Transp Cerdas. sistem.* 24 (11), 12821–12830.

Comi, A., Polimeni, A., dan Nuzzolo, A. (2022). Metodologi inovatif untuk perencanaan jaringan mobilitas mikro. *Trans. Res. Prosedur* 60, 20–27. doi:10.1016/j.trpro.2021.12.004

Cubells, J., Miralles-Guasch, C., dan Marquet, O. (2023). Pemilihan dan jalan memutar rute e-skuter dan berbagi sepeda: memodelkan pengaruh lingkungan binaan dan faktor sosiodemografi. *J.Transp. geografi.* 111, 103664.doi:10.1016/j.jtrangeo.2023.103664

EC (2020). Strategi mobilitas yang berkelanjutan dan cerdas – menempatkan transportasi Eropa pada jalur yang tepat untuk masa depan. Komunikasi dari komisi ke parlemen Eropa, dewan, komite ekonomi dan sosial Eropa dan komite kawasan. *Belgia: Brussel.*

Eccarius, T., dan Lu, CC (2020). Niat mengadopsi mobilitas mikro – wawasan dari berbagi skuter listrik di Taiwan. *Trans. Res. Bagian D Transp. Mengepung.* 84, 102327. doi:10.1016/j.trd.2020.102327

Eltis (2019). Pedoman untuk mengembangkan dan menerapkan rencana mobilitas perkotaan berkelanjutan, konsultasi rupperecht. Tersedia di: <https://www.eltis.org/mobility-plans/sump-guidelines>.

Komisi Eropa (2019). Masa depan kota. Tersedia di: <https://ec.europa.eu/jrc/en/facts4eufuture/future-of-cities>.

Fan, Z., dan Harper, CD (2022). Kemacetan dan dampak lingkungan dari penggantian perjalanan singkat dengan moda mobilitas mikro. *Trans. Res. Bagian D Transp. Mengepung.* 103, 103173–173. doi:10.1016/j.trd.2022.103173

FHWA (2017). Survei perjalanan rumah tangga nasional, 2017. Tersedia di: <https://nhts.oml.gov/kendaraan-perjalanan>.

Fukushige, T., Fitch, DT, dan Handy, S. (2021). Faktor-faktor yang mempengaruhi substitusi mode E-bike-share tanpa dock: bukti dari Sacramento, California. *Trans. Res. Bagian D* 99, 102990. doi:10.1016/j.trd.2021.102990

Selanjutnya, PG, Mekuria, MC, dan Nixon, H. (2016). Konektivitas jaringan untuk bersepeda dengan tekanan rendah. *Trans. Res. Rek. J.Transp. Res. Papan* 2587, 41–49. doi:10.3141/2587-06

Gossling, S. (2020). Mengintegrasikan e-skuter dalam transportasi perkotaan: masalah, kebijakan, dan prospek perubahan sistem. *Trans. Res. Bagian D Transp. Mengepung.* 79, 102230. doi:10.1016/j.trd.2020.102230

Greibe, P., dan Buch, TS (2016). Kapasitas dan perilaku pada jalur sepeda satu arah dengan lebar berbeda. *Trans. Res. Prosidia* 15, 122–136. doi:10.1016/j.trpro.2016.06.011

Guo, Y., dan Zhang, Y. (2021). Memahami faktor-faktor yang

- Nigro, M., Castiglione, M., Colasanti, F.M., De Vincentis, R., Valenti, G., Liberto, C., dkk. (2022). Memanfaatkan data mobil terapung untuk memperoleh potensi peralihan ke mobilitas mikro listrik. *Trans. Res. Bagian A Praktik Kebijakan*. 157, 78–93. doi:10.1016/j.tra.2022. 01.008
- Nigro, M., Ferrara, M., De Vincentis, R., Liberto, C., dan Valenti, G. (2021). Pendekatan berbasis data untuk pengembangan berkelanjutan E-mobilitas di wilayah perkotaan. *Energi* 14 (13), 3949. doi:10.3390/en14133949
- Nikiforiadis, A., Paschalidis, E., Stamatidis, N., Raptopoulou, A., Kostareli, A., dan Basbas, S. (2021). Analisis sikap dan keterlibatan pengguna e-skuter bersama. *Trans. Res. Bagian D Transp. Mengepung*. 94, 102790. doi:10.1016/j.trd.2021.102790
- Park, J., dan Abdel-Aty, M. (2016). Evaluasi efektivitas keselamatan beberapa fitur penampang pada arteri perkotaan. *Kecelakaan. Dubur*. Sebelumnya 92, 245–255. doi:10.1016/j.aap. 2016.04.017
- Paydar, M., dan Kamani Fard, A. (2021). Kontribusi aplikasi seluler terhadap peningkatan perilaku berjalan kaki/bersepeda mengingat dampak pandemi COVID-19. *Keberlanjutan* 13, 10580. doi:10.3390/su131910580
- Konsultasi Porsche (2019). Mendekonstruksi Fenomena Mikromobilitas. Analisis strategis terhadap faktor-faktor penentu keberhasilan. Tersedia di: https://www.porscheconsulting.com/fileadmin/docs/04_Medien/Publicationen/SRX03976_Deconstructing_the_Micromobility_Phenomenon/Deconstructing_the_Micromobility_Phenomenon_C_2019_Porsche_Consulting.pdf.
- Biro Transportasi Portland (2019). Laporan temuan e-skuter. Tersedia di: https://www.portland.gov/sites/default/files/2020-04/pbot_e-scooter_01152019.pdf.
- Rodriguez-Roman, D., Camacho, B., Andrés, G., Yáñez González, G., Pérez, A., del Valle González, C.A., dkk. (2022). Pola perjalanan dan akses spasial dalam layanan skuter elektronik tanpa dok di Puerto Riko. *Pejantan Kasus. Trans. Kebijakan* 10 (2), 915–926. doi:10.1016/j.cstp.2022.03.005
- RSM (2020). Laporan mobilitas Roma - 2020. Roma, Italia: Layanan Mobilitas Roma.
- Russo, F., dan Rindone, C. (2023). Kota pintar untuk pembangunan berkelanjutan: proses yang diterapkan dari SUMP hingga MaaS di tingkat Eropa. *Aplikasi. Sains*. 13, 1773. doi:10.3390/aplikasi13031773
- Sanders, RL, Branion-Calles, M., dan Nelson, TA (2020). Bergeser atau tidak: temuan dari survei terbaru tentang manfaat dan hambatan penggunaan E-skuter bagi pengendara dan non-pengendara. *Trans. Res. Bagian A Praktik Kebijakan*. 139, 217–227. doi:10.1016/j.tra. 2020.07.009
- Sandt, L. (2019). Dasar-dasar mobilitas mikro dan perangkat bermotor terkait untuk transportasi pribadi. Tersedia di: <https://trid.trb.org/view/1663933>.
- Scott Smith, C., dan Schwieterman, P. (2018). Skenario e-skuter. Mengevaluasi potensi manfaat mobilitas dari skuter tanpa dok bersama di Chicago. *Chaddik Inst. Layanan Kebijakan*. 2018.
- Kereta Api, K. (2002). Metode pilihan diskrit dengan simulasi. Cambridge: Pers Universitas Cambridge.
- UNECE (2020). Buku pegangan tentang mobilitas perkotaan berkelanjutan dan perencanaan tata ruang - mempromosikan mobilitas aktif - sebuah buku pegangan tentang mobilitas perkotaan dan tata ruang yang berkelanjutan. Geneva: Komisi Ekonomi PBB untuk Eropa.
- Useche, S.A., O'Hern, S., Gonzalez-Marin, A., Gene-Morales, J., Alonso, F., dan Stephens, AN (2022). Ketidakamanan pada kendaraan roda dua, atau prasangka sosial? Proxy laporan perilaku tentang keselamatan berkendara sepeda dan e-skuter – studi metode campuran. *Trans. Res. Bagian F Psikol. Berperilaku*. 89, 168–182. doi:10.1016/j.trf.2022.06.015
- Wang, K., Qian, X., Taylor Fitch, D., Lee, Y., Malik, J., dan Circella, G. (2023). Mode perjalanan apa yang digantikan oleh e-skuter bersama? Tinjauan temuan penelitian terbaru. *Trans. Wahyu* 43 (1), 5–31. doi:10.1080/01441647.2021.2015639
- Weikl, S., dan Mayer, P. (2023). Penilaian kualitas jaringan bersepeda berdasarkan data. *Depan. Transp Masa Depan*. 27 Maret 2023, Bagian. *Trans. sistem. Model*. 4. doi:10.3389/ffutr.2023. 1127742
- Zhang, W., Buehler, R., Broaddus, A., dan Sweeney, T. (2021). Jenis infrastruktur apa yang disukai pengendara e-skuter? *Model pilihan rute*. *Trans. Res. Bagian D Transp. Mengepung*. 2021, 94.