

PEMETAAN NOTs DALAM OPTIMALISASI PEMBANGUNAN UNTUK Mendukung GREEN TRANSPORTATION STRATEGY (GTS) DALAM Menciptakan Transportasi Rendah Emisi di Kawasan Ibu Kota Nusantara Menuju Indonesia Emas 2045

I Kadek Suryana

Program Studi D-III Manajemen Logistik
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cempaka Putih, Desa Samsam, Kerambitan,
Kab. Tabanan, Bali. 82161

Sofyan Rahardian Dewantoro

Program Studi D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cempaka Putih, Desa Samsam, Kerambitan,
Kab. Tabanan, Bali. 82161

Desak Putu Nita Suadnyani

Program Studi D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cempaka Putih, Desa Samsam, Kerambitan,
Kab. Tabanan, Bali. 82161

Arif Devi Dwipayana¹

Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cempaka Putih, Desa Samsam, Kerambitan,
Kab. Tabanan, Bali. 82161

Abstract

The density of motorized vehicles in the capital city of Jakarta is currently a contributor to high emissions in the metropolitan area. To prevent the recurrence of severe emission cases in the capital city of Jakarta, IKN must implement low-emission zones. Community mobility in IKN is directed by 80% to use public transportation with an access time of 10 minutes to the transportation node. With the vast area of IKN, optimization of the construction of public transportation nodes is needed. This study aims to determine the use of the lowest emission type of electric vehicle and the optimal number of transportation node mapping in the IKN area. This research method was conducted by reviewing the literature on electric cars and using the set covering problem method to determine the optimal number of public transportation nodes. Electric vehicle type BEV is most suitable for IKN because the emissions released are less than those of other types. In creating optimization, there are six locations for constructing public transportation nodes that can serve other villages in IKN.

Keywords: electric vehicle, low emission zone, public transportation node, set covering problem, optimization

Abstrak

Padatnyanya kendaraan bermotor di Ibu Kota Jakarta saat ini menjadi penyumbang tingginya emisi di kawasan metropolitan. Mencegah terulang parahnya kasus emisi di Ibu Kota Jakarta, penerapan *low emission zone* sangat perlu dilakukan pada IKN. Mobilitas masyarakat di IKN diarahkan sebesar 80 % untuk menggunakan transportasi publik dengan waktu akses 10 menit menuju simpul transportasi, sehingga dengan luasnya wilayah IKN diperlukan optimalisasi pembangunan simpul transportasi publik. Penelitian ini bertujuan mengetahui penggunaan jenis kendaraan listrik yang paling rendah emisi dan penentuan jumlah optimal dari pemetaan simpul transportasi di wilayah IKN. Metode penelitian ini dilakukan dengan studi literatur *review* mengenai *electric vehicle* dan penggunaan metode *set covering problem* dalam penentuan jumlah simpul transportasi publik yang optimal. *Electric vehicle* berjenis BEV paling sesuai diterapkan di IKN, karena emisi yang dikeluarkan lebih sedikit dari pada jenis lainnya. Dalam menciptakan optimalisasi, terdapat enam lokasi pembangunan simpul transportasi publik yang dapat melayani wilayah lainnya di IKN.

Kata Kunci: *electric vehicle, low emission zone, simpul transportasi publik, set covering problem, optimalis*

¹ Corresponding author: arif.devi@poltradabali.ac.id

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang memiliki tingkat emisi gas rumah kaca cukup tinggi. Mengutip dari laporan kualitas udara dunia dari IQAir 2021, di Kawasan ASEAN posisi Indonesia berada paling atas dalam negarayang berpolusi, sedangkan jika dilihat dari seluruh negara di dunia Indonesia berada pada urutan ke-17 dengan polusi udara terburuk di dunia dengan konsentrasiPM_{2,5} tertinggi yakni 34,3 g/m³. Sektor transportasi dianggap sebagai penghasil emisi gas rumah kaca terbesar dalam 30 tahun terakhir dan banyak upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi dampak emisi tersebut terhadap lingkungan (Kok, et.al 2011; Ong, et.al 2011; Kopelias, et.al 2020).

Tabel 1. Jumlah perkembangan kendaraan bermotor menurut jenis tahun 2018 sampai 2020
(Sumber: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia)

Jenis Kendaraan Bermotor	Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit)		
	2018	2019	2020
Mobil Penumpang	14.830.698	15.592.419	15.797.746
Mobil Bus	222.872	231.569	233.261
Mobil Barang	4.797.254	5.021.888	5.083.405
Sepeda motor	106.657.952	112.771.136	115.023.039
Jumlah	126.508.776	133.617.012	136.137.451

Peningkatan pesat jumlah kendaraan bermotor dapat dilihat dari data tersebut dimana dari tahun 2018 sampai tahun 2020 mencapai sekitar 4% yang dapat mempengaruhi keadaan lingkungan sekitar berupa pencemaran udara dan peningkatan gas rumah kaca. Salah satu program yang akan dijalankan pemerintah adalah Program *G to G Future Cities Green Transportation* yang merupakan sistem transportasi ramah lingkungan berupa pergerakan dan konektivitas dalam kawasan perkotaan dengan menggunakan layanan transportasi yang tidak menghasilkan emisi gas buang sisa pembakaran dengan target pemerintah untuk mengurangi emisi gas buang sebesar 11% pada tahun 2030 pada sektor transportasi. Program ini merupakan tindak lanjut pemerintah mengenai Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai.

Berkaitan dengan kebijakan tersebut adanya Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara yaitu dari Jakarta ke Kalimantan Timur juga menjadi tantangan dalam penerapan kebijakan transportasi yang ada yaitu diproyeksikannya sebagai transportasi emas Indonesia dengan penerapan *low emission zone* dengan pengoptimalan *electric vehicle*. Kehadiran kendaraan listrik di Indonesia terbilang masih baru dan belum begitu menarik perhatian masyarakat. Awal kehadiran kendaraan listrik di tanah air yang mendapat sorotan publik yaitu di tahun 2013, ketika terjadi momen KTT APEC di Bali. Awal mula sosialisasi *electric vehicle* oleh pemerintah Indonesia sudah dari 2012 untuk menarik perhatian masyarakat agar membantu mewujudkan lingkungan sekitar dengan kondisi udara yang segar (Nur & Kurniawan, 2021). Memasuki tahun 2019, saat Presiden Joko Widodo menetapkan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) menjadi tonggak awal bangkitnya kendaraan listrik di tanah air (Aziz et al., 2020). Tiga tahun berjalan, puncak kendaraan listrik nasional terjadi lagi dalam organisasi dunia yang diselenggarakan di Indonesia yaitu saat terjadi KTT G20 di Bali, dimana seluruh pengoperasian kendaraan

bermotor dari pimpinan tertinggi negara dunia serta pejabat terkait menggunakan kendaraan listrik terbaru seperti Genesis G80, EV Air, Ioniq 5, dan Lexus UX300e.



Gambar 1. Mobil listrik Ioniq 5

Momen ini menjadi tahap awal untuk perkembangan secara rutin tiap tahunnya oleh pemerintah dengan terus mensosialisasikan peredaran kendaraan listrik di Indonesia. Kehadiran ibu kota negara baru negara Indonesia Ibu Kota Nusantara di Kalimantan Timur juga menjadi titik peningkatan peredaran kendaraan listrik di negara Indonesia, karena di IKN nantinya seluruh mobilitas sistem transportasi akan menggunakan kendaraan bermotor berbasis baterai (*Electric Vehicle*), hal ini dikarenakan IKN sebagai kawasan ibu kota baru yang diharapkan memiliki kualitas udara bebas dari polusi dan sistem transportasi modern yang dibutuhkan dalam konektivitas transportasi untuk mempermudah pergerakan. Karya tulis ini bertujuan untuk menciptakan strategi *green transportation* yang ideal dalam mobilitas kendaraan di Ibu Kota Nusantara dengan skema penerapan kebijakan mengenai kendaraan listrik dan sistem transportasi modern yang akan digunakan untuk mencapai zona rendah emisi di Ibu Kota Nusantara.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan jenis kendaraan listrik yang paling rendah emisi dan penentuan jumlah optimal dari pemetaan simpul transportasi di Kecamatan Sepaku sebagai wilayah dari IKN. Penerapan *Green Transportation Strategy* (GTS) akan tercapai secara maksimal dengan adanya dukungan dari transportasi publik dalam mengakomodir aktivitas pergerakan masyarakat di IKN. Menurut Rencana Induk IKN dalam Lampiran UU IKN, terdapat perencanaan dalam mobilitas masyarakat menggunakan transportasi publik sebesar 80% dan kemudahan dalam hal mengakses simpul transportasi publik dengan waktu akses dari perumahan warga menuju simpul transportasi publik tersebut adalah 10 menit. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan luas wilayah IKN sebesar 256.100 hektare, maka tentunya harus dilakukan pembangunan simpul transportasi publik dengan jumlah yang banyak, ketika waktu yang ditetapkan untuk mengakses simpul transportasi tersebut adalah 10 menit. Maka dari itu, diperlukan pemetaan jumlah lokasi simpul transportasi publik yang optimal agar dapat menciptakan suatu efektivitas dan efisiensi dalam pembangunan, sehingga tidak menghasilkan pemborosan dalam pembiayaan pembangunan infrastruktur. Dengan jumlah yang optimal ini, semua wilayah di IKN akan mendapatkan kemudahan akses menuju simpul transportasi publik, dengan tetap memperhatikan jumlah minimal agar dapat melingkupi semua daerah di IKN tersebut.

Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Deputi Bidang Koordinasi Revolusi Mental, Pemajuan Kebudayaan, dan Prestasi Olahraga, Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan Republik Indonesia yang dilakukan pada tahun 2022, luas Kecamatan Sepaku yang dijadikan sebagai wilayah IKN adalah 92.718,15 hektar.

Jika dibandingkan dengan luas IKN yaitu 256.100 hektar, Kecamatan Sepaku mengambil sebanyak 36,30% dari luasan IKN tersebut. Kecamatan lainnya, yaitu Kecamatan Loa Kulu sebanyak 9,82% dari luas IKN, Kecamatan Loas Janan sebanyak 12,92% dari luas IKN, Kecamatan Muara Jawa sebanyak 12,65% dari luas IKN, dan kecamatan Samboja sebanyak 28,31% dari luas IKN. Melihat bahwa Kecamatan Sepaku merupakan kecamatan yang paling banyak dilingkupi oleh IKN, maka penulis akan berfokus untuk mengkaji wilayah Kecamatan Sepaku dalam hal pemetaan simpul transportasi publik.

TINJAUAN PUSTAKA

Node of Transportation (NOTs)

NOTs merupakan singkatan dari *node of transportation* atau simpul transportasi. Simpul transportasi dalam hal ini mengacu pada simpul transportasi publik yang dijadikan sebagai fasilitas umum dan dapat digunakan oleh semua orang. Simpul transportasi berperan penting dalam menghubungkan sistem transportasi, sehingga terjadi suatu konektivitas antar wilayah. Simpul transportasi publik merupakan suatu infrastruktur yang akan dapat mendukung pergerakan aktivitas masyarakat dengan fungsi sebagai tempat pindah moda transportasi (BAWIAS, n.d.).

Electric Vehicle

Electric Vehicle adalah kendaraan yang menggunakan listrik sebagai sumber energi penggerakannya (Ahmad et al., 2018). Kendaraan listrik memiliki tingkat kebisingan suara yang sangat rendah, efisiensi penggunaan energi yang tinggi dan tidak adanya knalpot dibandingkan dengan kendaraan konvensional (Song et al., 2016). Menurut sumber listrik sebagai penggerak kendaraan, kendaraan listrik secara umum diklasifikasikan menjadi empat macam teknologi, diantaranya *Battery Electric Vehicle*, *Hybrid Electric Vehicle*, *Fuel Cell Electric Vehicle* dan *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (Setiawan, 2019). Pertama, kelompok kendaraan yang hanya digerakkan motor listrik disebut dengan *Battery Electric Vehicle* (BEV). Kelompok kedua adalah jenis *Hybrid Electric Vehicle* (HEV) yang disebut sebagai kendaraan dengan sistem penggerakannya terdiridari dua bagian, yaitu motor bakar dan motor listrik. *Fuel Cell Electric Vehicle* (FCEV) adalah kendaraan yang ditenagai oleh motor listrik dengan menggunakan sel bahan bakar. Kemudian dikembangkan kendaraan dengan sistem *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV), PHEV merupakan kendaraan listrik hibrida yang pengisian baterainya dapat dilakukan dengan sistem colok pada sumber energi listrik luar (Kumara, 2008).

Set covering problem

Set covering problem adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah optimal yang merupakan jumlah minimum penyediaan fasilitas agar dapat mencakup wilayah lainnya dengan didasarkan oleh jarak antara pengguna jasa layanan dengan fasilitas dari pihak yang menyediakan pelayanan (Ahmadi et al., 2018). Terdapat beberapa aspek dalam metode *set covering problem* (Rahmawati, 2009), yaitu sebagai berikut.

Dimana,

i = Titik permintaan pelayanan

j = Titik kandidat fasilitas

d_{ij} = Jarak antara titik permintaan dengan titik kandidat fasilitas

D_c = Jarak maksimum tempuh

N_i = $\{j \mid d_{ij} \leq D_c\}$, fasilitas j yang dapat mencakup i

a. Variabel keputusan

X_j adalah variabel yang menggambarkan fasilitas di suatu lokasi. Perumusannya adalah sebagai berikut.

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{jika dibangun fasilitas} \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases} \quad (1)$$

Jika X_j bernilai 1, maka hal ini memiliki makna bahwa akan dibangun fasilitas di lokasi kandidat tersebut. Namun jika X_j bernilai 0, maka di lokasi kandidat tersebut tidak terpilih sebagai lokasi pembangunan fasilitas.

b. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dalam optimalisasi adalah fungsi minimum jumlah fasilitas yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Minimum } \sum_{j \in J} X_j \quad (2)$$

Dalam formula diatas, jumlah pembangunan fasilitas akan dibuat seminimum mungkin. Dalam fungsi tersebut, dilakukan penjumlahan terkait dengan total fasilitas yang optimal agar dapat melingkupi keseluruhan wilayah penelitian.

c. Fungsi Kendala

Terdapat dua fungsi kendala dalam hal ini, yaitu sebagai berikut.

$$\sum_{j \in N_i} X_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (3)$$

Fungsi ini akan memberikan makna bahwa setiap titik akan dilayani oleh minimal satu fasilitas. Fungsi ini memastikan tidak ada titik yang tidak terlayani oleh fasilitas. Selanjutnya fungsi kendala kedua adalah sebagai berikut.

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (4)$$

Fungsi tersebut memutuskan pembangunan fasilitas di suatu lokasi.

Solver Excel

Dalam pengaplikasian *solver*, permasalahan yang ada di dalam kehidupan nyata dapat dimodelkan ke dalam suatu skema untuk ditemukan solusi optimalisasinya. Dalam penggunaan *solver*, terdapat beberapa hal yang harus diolah adalah seperti pengaturan posisi sel, mengatur fungsi tujuan yang merupakan objek utama dalam optimalisasi, penentuan

jenis optimalisasi, serta batasan atau persyaratan yang menjadi dasar dalam pemodelan permasalahan di kehidupan nyata yang diaplikasikan ke *solver excel* (Chandrantha, 2008).

Simplek

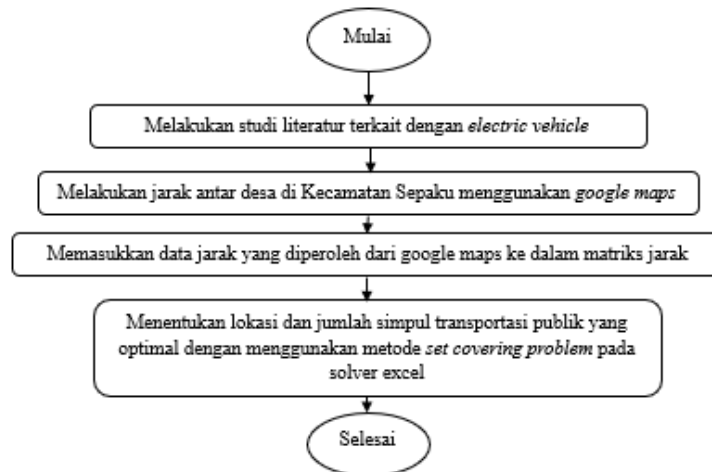
Perhitungan nilai minimum fungsi pada prinsip optimalisasi merupakan salah satu bentuk dari program linear. Metode simplek adalah metode yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah program linear yang memiliki variabel keputusan lebih dari satu (Nurmayanti & Sudrajat, 2021).

Low Emission Zone

Low emission zone adalah suatu kawasan atau area rendah emisi dengan berbagai upaya dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas udara bersih yang terhindar dari polusi sesuai dengan standar emisi yang lebih tinggi. Penerapan *low emission zone* dilakukan dengan berbagai kebijakan pendukung yang terkait dengan segala sektor yang berpotensi sebagai penyumbang emisi gas rumah kaca. Sektor transportasi menjadi penyumbang terbesar emisi dalam pencemaran udara yang bahkan mencapai 80% (Haryono, 2018). Sebagai upaya dalam sektor transportasi telah dilakukan berbagai penerapan regulasi dan melakukan berbagai inovasi teknologi, yaitu revolusi euro. Dari tahun 1992 sampai saat ini telah tercatat 4 revolusi euro, dari euro 1-4 sebagai standar emisi kendaraan eropa dan diterapkan di Kawasan ASEAN (Sa'adah 2019). Selain regulasi mengenai euro, dalam menangani emisi hadir regulasi terbaru adalah Perpres No. 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Aziz et al., 2020) sehingga penerapannya menjadi solusi yang tepat menuju lingkungan *low emission* di Indonesia

METODOLOGI

Berikut adalah diagram alir dari penelitian yang dilakukan. Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik pengumpulan data secara sistematis, yaitu berawal dari studi literatur mengenai *electric vehicle*, kemudian dilanjutkan dengan melakukan proses analisis data. Data yang digunakan dalam perencanaan pemetaan simpul transportasi adalah data sekunder, yaitu data jarak antar desa di Kecamatan Sepaku yang termasuk ke dalam Kawasan IKN melalui *google maps*, penentuan kecepatan maksimum untuk Kawasan dalam perkotaan melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan, dan dasar informasi terkait dengan waktu tempuh maksimal dari perumahan warga ke simpul transportasi publik didapat melalui Rencana Induk IKN dalam Lampiran UU IKN. Kemudian dilakukan penentuan jumlah optimal simpul transportasi publik dengan menggunakan *solver* pada excel dengan metode *set covering problem*.

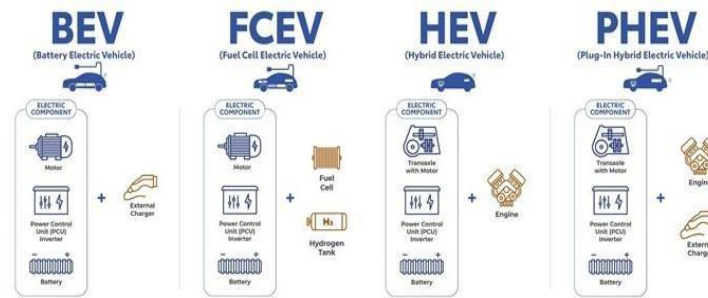


Gambar 2. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ibu Kota Nusantara (IKN) yang telah ditetapkan di wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara dan sebagian wilayah Kabupaten Kutai memiliki konsep kota baru yang menjadi pusat tata kelola pemerintahan efisien dan efektif, modern dan berstandar internasional, kota yang *smart, beautiful, green, dan sustainable*, yang menjadi simbol identitas bangsa, serta menjadi kota yang berwawasan lingkungan (*forest city*). Ibu kota pindah ke Kalimantan Timur adalah salah satu upaya pemerintah dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan pemerataan pembangunan yang akan terdiri dari 6 sektor yaitu pariwisata, produk farmasi, pendidikan, layanan kesehatan, teknologi bersih (tenaga surya), serta industri digital inovasi. Selain itu, melihat kondisi ibu kota Jakarta saat ini yang semakin tidak kondusif dalam berbagai sektornya sehingga Ibu Kota Negara dipindahkan ke Kalimantan.

Kendaraan listrik mulai menjadi perkembangan teknologi terbaru yang mendorong kemajuan pada sektor transportasi global. Peraturan Presiden No. 55/2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*), menjadi landasan sektor persebaran kendaraan listrik yang masuk di kawasan negara Indonesia. Dengan dikeluarkannya Perpres tersebut tentu ada target dari pemerintah Indonesia untuk mulai merevolusi transportasi dari kendaraan konvensional menjadi kendaraan listrik (*Electric Vehicle*). Kebijakan *electric vehicle* sangat mendukung dengan rencana pembangunan Ibu Kota Nusantara di provinsi Kalimantan Timur sebagai Ibu Kota Negara baru Indonesia sesuai dengan UU No. 3 Tahun 2022. Pengembangan kendaraan listrik akan memiliki potensi menurunkan emisi yang cukup signifikan, kendaraan listrik menghasilkan polusi yang lebih sedikit dan dapat dikatakan mendekati nol jika dibandingkan dengan kendaraan *Internal Combustion Engine*, komitmen pemerintah Indonesia menargetkan untuk pengurangan emisi CO₂ 29% - 41% pada tahun 2030 (Sudjoko, 2021). Saat ini kendaraan listrik memiliki beberapa jenis yang beredar di pasaran mulai dari jenis *Hybrid Electric Vehicle (HEV)*, *Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV)*, *Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)*, dan *Battery Electric Vehicle (BEV)* (Setiawan, 2019)

Gambar 3. Jenis *electric vehicle*

Skema yang diusung di Ibu Kota Nusantara nantinya akan menerapkan suatu wilayah dengan terciptanya program kelestarian lingkungan minimal 75% yang mengakibatkan sistem transportasi di IKN nantinya harus menyumbang emisi yang rendah atau bisa mencapai *net zero emission* dari kendaraan bermotor agar tidak terulang seperti parahnya transportasi yang ada di Kawasan ibu kota Jakarta. Mendukung skema tersebut, maka jenis kendaraan listrik yang sangat cocok untuk mobilitas di Kawasan IKN yaitu *Battery Electric Vehicle* (BEV) karena jenis BEV murni sumber penggerak utamanya dari listrik berbasis baterai dengan mengeluarkan emisi 5 gram CO₂ per kilometer, sedangkan jenis *hybrid* seperti PHEV dan HEV menggunakan kolaborasi antara energi listrik dengan mesin konvensional, sehingga masih menyebabkan polusi pada lingkungan sekitar dengan pengeluaran emisi karbon sekitar 80 gram CO₂ per kilometer (Song et al., 2016). Pengembangan infrastruktur juga menjadi perhatian pemerintah terkait pembangunan *charging station* kendaraan listrik untuk mendukung percepatan persebaran kendaraan listrik di Indonesia kedepannya (Dharmawan et al., 2021).

Untuk mendukung *green transportation strategy* yang nantinya dapat menciptakan kondisi lingkungan berkelanjutan dengan mengurangi tingkat emisi, maka pemetaan lokasi simpul transportasi publik atau *Node of Transportation* (NOTs) harus direncanakan dengan baik sesuai dengan Rencana Induk IKN dalam Lampiran UU IKN yang telah dirancang, dimana perencanaan waktu mengakses simpul transportasi publik adalah maksimal 10 menit dari perumahan penduduk. Lalu kawasan yang berada di dalam IKN adalah kawasan perkotaan, sehingga aktivitas pergerakan yang terjadi di dalam kota tersebut akan melalui jalan pada kawasan perkotaan. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan, bahwa batas kecepatan untuk jalan dalam Kawasan perkotaan adalah 50 km/jam. Berdasarkan patokan tersebut, maka jarak maksimum dari perumahan penduduk ke perencanaan lokasi untuk simpul transportasi adalah sebagai berikut.

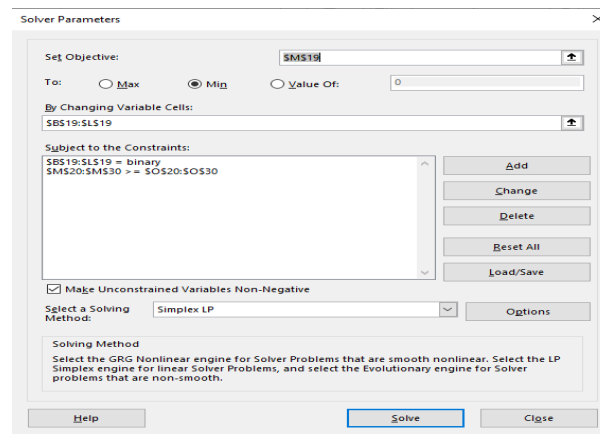
$$\begin{aligned}
 \text{Jarak maksimum tempuh (D}_c\text{)} &= \text{kecepatan} \times \text{waktu tempuh maksimum} & (5) \\
 &= 50 \text{ km/jam} \times 0,167 \text{ jam} \\
 &= 8,5 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, jarak maksimum yang ditempuh selama 10 menit dengan kecepatan 50km/jam adalah 8,5 km. Karena jarak maksimum yang ditempuh adalah 8,5 km, maka untuk mengetahui banyaknya lokasi simpul transportasi, perlu dilakukan penentuan jarak antar desa di Kecamatan Sepaku yang dilingkupi oleh Kawasan IKN. Berdasarkan penentuan jarak pada *google maps*, berikut adalah matrik jarak antar desa di Kecamatan Sepaku.

	Telemow	Binuang	Bumi Harapan	Bukit Raya	Karang Jinawi	Sukaraja	Tengin Baru	Suko Mulyo	Argo Mulyo	Semoi Dua	Wonosari
Telemow	0	4,1	25,9	27,5	67	26,8	36,6	48,8	45,8	45,6	53,4
Binuang	4,1	0	20,4	25,5	53,7	35,5	37,9	48,7	43,9	50,9	49,5
Bumi Harapan	25,9	20,4	0	5,2	50,7	21,1	23,5	32,4	29,5	36,5	35,1
Bukit Raya	27,5	25,5	5,2	0	45,4	25,4	19,1	32,4	29,5	36,5	35,1
Karang Jinawi	67	53,7	50,7	45,4	0	11,5	33,1	55,1	52,2	59,2	57,8
Sukaraja	26,8	35,5	21,1	25,4	11,5	0	11,1	10,8	21	28	26,6
Tengin Baru	36,6	37,9	23,5	19,1	33,1	11,1	0	8,2	7,8	21	18,9
Suko Mulyo	48,8	48,7	32,4	32,4	55,1	10,8	8,2	0	15,7	28,9	20,7
Argo Mulyo	45,8	43,9	29,5	29,5	52,2	21	7,8	15,7	0	14,2	13
Semoi Dua	45,6	50,9	36,5	36,5	59,2	28	21	28,9	14,2	0	8
Wonosari	53,4	49,5	35,1	35,1	57,8	26,6	18,9	20,7	13	8	0

Gambar 4. Matriks jarak antar desa di Kecamatan Sepaku (Kilometer)

Berdasarkan matriks jarak tersebut, maka dapat ditentukan jarak antar desa yang berada di bawah atau sama dengan 8,5 km. Penentuan itu dilakukan secara otomatis menggunakan fungsi *if* pada excel dengan membuat tabel baru yang memiliki format yang sama dan membandingkan sel yang sama pada jarak antar desa dari tabel 2 dengan tabel yang baru. Jika jarak antar desa berada di bawah atau sama dengan 8,5 km, maka nilai dalam tabel akan berubah menjadi 1. Namun, jika jarak antar desa melebihi 8,5 km, maka nilai dalam tabel adalah 0. Selanjutnya akan ditentukan parameter pada *solver* dalam pemecahan masalahnya.

Gambar 5. Parameter pada *Solver*

Berdasarkan formula (2), *set objective* atau fungsi tujuannya adalah jumlah minimum simpul transportasi yang didapatkan dari penjumlahan setiap X_j yang bernilai 1 dan 0 pada baris *select*, dimana indeks j merupakan elemen himpunan bilangan J . *By changing variable cells* adalah baris *select* yang berfungsi meminimumkan jumlah variabel X_j yang terpilih sebagai simpul transportasi sesuai dengan prinsip optimalisasi. Selanjutnya, logika penentuan fungsi kendala atau *constraints* pada *solver* tersebut didasarkan pada formula (3) dan (4). Sesuai dengan formula (3), sel M20 hingga sel M30 harus lebih besar dari sel O20 hingga O30 yang bermakna bahwa, setiap lokasi minimal terlayani oleh satu lokasi lainnya dan secara matematis akan memastikan bahwa nilai dari jumlah X_j , dengan index j merupakan elemen himpunan bilangan N_i harus berada dalam kondisi bernilai lebih dari atau sama dengan 1, sehingga setiap lokasi akan dapat dijangkau oleh simpul transportasi yang dapat diakses selama waktu 10 menit. Untuk mengimplementasikan formula (4) ke dalam permasalahan, sel B19 hingga sel L19 adalah baris *select* yang menentukan apakah pada X_j akan dibangun simpul transportasi publik atau tidak, sehingga menggunakan bilangan biner yang bernilai 1 dan 0. Bilangan biner ini akan membantu untuk menentukan keputusan apakah di lokasi

tersebut akan dibangun simpul transportasi atau tidak. Karena permasalahan optimalisasi simpul transportasi ini merupakan suatu bentuk permasalahan program linear untuk mencari jumlah minimum, maka penyelesaiannya dapat menggunakan metode *simplex LP*.

	Telemow	Binuang	Bumi Harapan	Bukit Raya	Karang Jinawi	Sukaraja	Tengin Baru	Suko Mulyo	Argo Mulyo	Semai Dua	Wonosari	jumlah optimal	Setiap lokasi minimal terlayani oleh 1 lokasi lainnya
select	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	6	
Telemow	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥ 1
Binuang	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≥ 1
Bumi Harapan	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	≥ 1
Bukit Raya	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	≥ 1
Karang Jinawi	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	≥ 1
Sukaraja	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	≥ 1
Tengin Baru	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	≥ 1
Suko Mulyo	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	≥ 1
Argo Mulyo	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	≥ 1
Semai Dua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	≥ 1
Wonosari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	≥ 1

Gambar 6. Hasil pemetaan lokasi dan jumlah optimal simpul transportasi publik

Dari hasil perhitungan *solver* di atas, angka 1 pada baris *select* menunjukkan lokasi yang memenuhi untuk dibangun berdasarkan jarak maksimal tempuh, yaitu 8,5 km. Maka, dapat ditentukan jumlah optimum dari perencanaan simpul transportasi publik yang dibutuhkan adalah berada di enam lokasi, yaitu di Desa Telemowo, Desa Bumi Harapan, Desa Karang Jinawi, Desa Sukaraja, Desa Tengin Baru, dan Desa Semai Dua.

KESIMPULAN

Perencanaan pemetaan jumlah lokasi *Node of Transportation* (NOTs) yang optimal dengan metode *set covering problem* perlu dilakukan untuk menunjang tercapainya *Green Transportation strategy* dengan mengusung konsep efisiensi dan efektivitas pembangunan infrastruktur di IKN, khususnya di Kecamatan Sepaku, sehingga akan dapat mendukung tujuan dari transportasi rendah emisi. Hal ini karena:

- Penerapan transportasi berbasis *Electric Vehicle*, *Battery Electric Vehicle* akan menjadi solusi dari kasus tingginya emisi pada kendaraan bermotor sekarang khususnya di kota-kota besar.
- Penggunaan metode *set covering problem* dengan menggunakan *solver excel* dapat menentukan jumlah lokasi optimal dari simpul transportasi publik di Kecamatan Sepaku sebagai wilayah IKN. Jumlah optimal ini adalah jumlah minimum simpul transportasi publik yang dibutuhkan pada Kecamatan Sepaku sebagai wilayah IKN agar dapat melayani seluruh desa yang ada di dalam kecamatan tersebut. Berdasarkan hasil perencanaan yang diperoleh, simpul transportasi publik dapat dibangun pada enam lokasi desa, yaitu Desa Telemowo, Desa Bumi Harapan, Desa Karang Jinawi, Desa Sukaraja, Desa Tengin Baru, dan Desa Semai Dua.
- Dipadukannya konsep penggunaan transportasi berbasis *Electric Vehicle* dengan pemetaan jumlah optimal simpul transportasi publik, maka akan saling mendukung dalam menurunkan kadar emisi karbon yang dihasilkan, serta akan tercipta suatu penghematan dalam biaya pembangunan simpul transportasi publik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Khan, Z. A., Saad Alam, M., & Khateeb, S. (2018). A review of the electric vehicle charging techniques, standards, progression and evolution of EV technologies in Germany. *Smart Science*, 6(1), 36–53.
- Ahmadi, A., Susanto, A. D., Susanto, A., & Suharyo, O. S. (2018). Optimization Of The Anp And Set Covering Method For The Allocation Of Tanker In The East Sea Region Of Indonesia. *JOURNAL ASRO*, 9(2), 63–74.
- Aziz, M., Marcellino, Y., Rizki, I. A., Ikhwanuddin, S. A., & Simatupang, J. W. (2020). Studi analisis perkembangan teknologi dan dukungan pemerintah Indonesia terkait mobil listrik. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 45–55.
- BAWIAS, C. A. (n.d.). PERENCANAAN ANGKUTAN BERBASIS INTEGRASI ANTARMODA DI STASIUN TANJUNG KARANG, KOTA BANDAR LAMPUNG. *PERENCANAAN ANGKUTAN BERBASIS INTEGRASI ANTARMODA DI STASIUN TANJUNG KARANG, KOTA BANDAR LAMPUNG*.
- Chandranantha, L. (2008). Using Excel Solver in optimization problems. *Mathematics and Computer Science Department*.
- Dharmawan, I. P., Kumara, I. N. S., & Budiastira, I. N. (2021). Perkembangan Infrastruktur Pengisian Baterai Kendaraan Listrik Di Indonesia. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 8(3).
- Hasibuan, A., & Krianto Sulaiman, O. (2019). SMART CITY, KONSEP KOTACERDAS SEBAGAI ALTERNATIF PENYELESAIAN MASALAH PERKOTAAN KABUPATEN/KOTA, DI KOTA-KOTA BESAR PROVINSI SUMATERA UTARA. In *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol.14, Issue 2). Online.
- Kumara, N. S. (2008). Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(2), 89–96.
- Nur, A. I., & Kurniawan, A. D. (2021). Proyeksi Masa Depan Kendaraan Listrik di Indonesia: Analisis Perspektif Regulasi dan Pengendalian Dampak Perubahan Iklim yang Berkelanjutan. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 7(2), 197–220.
- Nurmayanti, L., & Sudrajat, A. (2021). Implementasi linear programming metode simpleks pada home industry khasanah sari karawang. *Jurnal Manajemen*, 13(3), 431–438.
- Purwanto, E., Adrianto, L., & Rahardjo, S. (2017). Strategi Optimal Peningkatkan Efisiensi di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Makassar dengan Menggunakan Discrete-Event Simulation. *Warta Penelitian Perhubungan*, 29(1), 33–44.
- Rahmawati, M. (2009). *Penentuan jumlah dan lokasi halte rute i bus rapid transit (brt) di Surakarta dengan model set covering problem*.
- Setiawan, I. C. (2019). Policy simulation of electricity-based vehicle utilization in Indonesia (electrified vehicle-HEV, PHEV, BEV and FCEV). *Automotive Experiences*, 2(1), 1–8.
- Sidabutar, V. T. P. (2020). Kajian pengembangan kendaraan listrik di Indonesia: prospek dan hambatannya. *Jurnal Paradigma Ekonomika*, 15(1), 21–38.
- Song, Y., Li, J., Ji, G., & Xue, Z. (2016). Study on the typical mode of EV charging and battery swap infrastructure interconnecting to power grid. *2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)*, 1–4.
- Sudjoko, C. (2021). Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon. *Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia*, 2(2).