

Analisis Pembangunan Zona Lalu Lintas dengan Standard Deviation Control Kepadatan Area Terbangun Studi Kasus: Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali

Analysis of the Development of Traffic Zones with Standard Deviation Control of Built-up Area Density Case Study: Klungkung Regency, Bali Province

Ocky Soelistyo Pribadi ^{a,1*}, Muhammad Nurhadi ^{b,2}, Bobby Agung Hermawan ^{c,3}

^{ab} Politiknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Jl. Tirta Raya, Nambangan Lor, Kec. Mangunharjo, Madiun, Indonesia

^c Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD, Jl. Raya Setu, Cibuntu, Cibitung, Kab. Bekasi, Indonesia

^{1*} ocky.sp@gmail.com, ^{2*}noerhadi999@gmail.com, ^{3*}bobbyhermawan08@gmail.com,

*corresponding e-mail

This is an open access article under the terms of the CC-BY-NC license

ABSTRACT

Traffic movement occurs in the context of space, it is necessary to prepare the research area with the construction of traffic zones. This work requires a series of activities, complex data, and many considerations, in order to produce a concept to support the data collection stage of the origin of the trip. This study aims to build traffic zones using a new logic, namely by controlling the standard deviation value of the built area density variable. The author attempts to replace the variable commonly used in the preparation of traffic zones, namely "land use type" and strives for the value to be as "homogeneous as possible". This variable is fairer to use, considering that in an area there will also be open space, which is not inhabited by humans. The formulation of the problem is how is the standard deviation control method used to construct traffic zones in the Klungkung Regency case study? This method will focus on the technique of constructing traffic zones where the standard deviation value of the density of the built area will be smaller when compared to the initial value when the existing traffic zone was formed directly from the village area. The results of the analysis get a total of 26 traffic zones, with a standard deviation value of the variable density of the built area is 2049. this value is lower than when using the village administrative area directly, namely 3294, and it is said that the design of the 26 zones has fulfilled the principle of zone homogeneity.

Keywords : *traffic zones, built area density, standard deviation, land use, origin-destination trip*

ABSTRAK

Pergerakan lalu lintas terjadi dalam konteks ruang, maka perlu mempersiapkan wilayah penelitian dengan pembangunan zona lalu lintas. Pekerjaan ini memerlukan rangkaian aktivitas, data kompleks, dan pertimbangan yang banyak, agar dihasilkan konsep untuk mendukung tahap pengumpulan data asal tujuan perjalanan. Penelitian ini bertujuan untuk membangun zona lalu lintas menggunakan logika baru, yaitu dengan melakukan kontrol nilai *standard deviasi* variabel kepadatan daerah terbangun. Penulis berupaya mengganti variabel yang biasa digunakan dalam

penyusunan zona lalu lintas, yaitu “tipe tata guna lahan” dan diupayakan nilainya “sehomogen mungkin”. Variabel ini lebih *fair* untuk digunakan, mengingat dalam suatu daerah akan ada juga *open space*, yang tidak ditinggali manusia. Rumusan masalahnya adalah bagaimana metode *standard deviation control* digunakan untuk membangun zona lalu lintas pada studi kasus wilayah Kabupaten Klungkung? Metode itu akan berfokus pada teknik penyusunan zona lalu lintas yang nilai standar deviasi dari kepadatan daerah terbangunnya akan lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai awal saat zona lalu lintas aktual langsung dibentuk dari wilayah desa/kelurahan. Hasil analisis mendapatkan sejumlah 26 zona lalu lintas, dengan nilai standar deviasi variabel kepadatan penduduk di daerah terbangun adalah 2049. Nilai ini menurun dibanding bila menggunakan wilayah administrasi desa/kelurahan secara langsung yaitu 3294, dan dikatakan bahwa rancangan 26 zona tersebut telah memenuhi prinsip homogenitas zona.

Kata kunci : zona lalu lintas, kepadatan daerah terbangun, standar deviasi, tata guna lahan, asal-tujuan perjalanan

A. Pendahuluan

Karakteristik umum lalu lintas jalan di suatu daerah dapat diidentifikasi dengan pendekatan model lalu lintas empat fase. Model ini menganalisis empat indikator karakteristik umum yaitu bangkitan perjalanan, distribusi perjalanan, pilihan moda dan pilihan rute. Definisi masing-masing adalah sebagai berikut: a) bangkitan perjalanan adalah penjumlahan dari semua perjalanan, dan jenis produksi perjalanan serta daya tarik perjalanan; b) Distribusi perjalanan menunjukkan asal dan tujuan setiap perjalanan; c) Pilihan moda transportasi adalah pandangan agregat atau desentralisasi dari moda transportasi yang dipilih; dan d) Pemilihan rute adalah keputusan penumpang memilih rute mana yang akan diambil berdasarkan kapasitas dan efek stokastik. Model lalu lintas empat fase pada dasarnya merupakan analisis pergerakan lalu lintas, tetapi karena pergerakan terjadi dalam konteks spasial, maka perhatian pertama adalah perlunya menyiapkan wilayah studi lalu lintas sebelum melakukan analisis model ini. Ini adalah pembangunan zona lalu lintas.

Pembangunan zona lalu lintas ini membutuhkan beberapa pekerjaan, data yang cukup kompleks dan banyak pemikiran untuk membuat konsep yang dapat mendukung langkah selanjutnya, yaitu mengumpulkan

informasi tentang asal usul perjalanan. dibutuhkan oleh model lalu lintas empat lapis, yaitu survei rumah tangga (home survey), survei pinggir jalan dan survei bangkitan perjalanan. Penelitian ini mencoba menggunakan logika baru, dengan melakukan kontrol nilai *standard deviasi* variabel kepadatan daerah terbangun (jumlah penduduk yang tinggal pada daerah terbangun), untuk tiap area yang akan dijadikan zona lalu lintas. Daerah penelitian yang digunakan sebagai studi kasus adalah Kabupaten Klungkung di Provinsi Bali. Pola pikirnya berbasis pada pertimbangan bahwa zona lalu lintas itu sedapatnya harus sehomogen mungkin tipe tata gunanya, dengan tujuan menghindari tingginya jumlah pergerakan intrazonal dan mengurangi tingkat kerumitan model (Tamin, 1999).

Permasalahannya adalah, tata guna lahan di Indonesia ini umumnya bersifat campuran (*mixed land use*), sehingga akan sangat sulit untuk mengelompokkannya menjadi zona yang homogen, atau jika dipaksakan maka akan menjadi zona-zona kecil, yang akan merumitkan analisis selanjutnya. Memperhatikan hal tersebut, Penulis berupaya mengganti variabel “tipe tata guna lahan” menjadi “kepadatan penduduk daerah terbangun” yang diupayakan nilainya “sehomogen mungkin”. Mengingat dalam

suatu area, akan ada juga lahan-lahan kosong atau *open space*, yang tidak ditinggali manusia, seperti sawah dan kebun. Meski demikian, penggunaan variabel jumlah penduduk pun sifatnya masih menjadi *open option*.

Dalam penelitian ini pun Penulis sepenuhnya menggunakan wilayah administrasi desa atau kelurahan sebagai prinsip penzonaan, menurut de Dios Ortúzar & Willumsen (2011) sistem zonasi harus selaras dengan pembagian administratif lainnya, khususnya dengan zona sensus; ini mungkin merupakan kriteria mendasar dan kriteria lainnya hanya boleh diikuti jika tidak menyebabkan ketidak-konsistenan dengan kriteria tersebut. Mempertimbangkan bahwa di Indonesia data sosio-ekonomi lebih lengkap tersedia dengan berbasis wilayah administrasi baik desa maupun kelurahan. Sebagaimana prinsip yang disampaikan oleh Pignataro, L.J., (1973) bahwa tahap ujung proses perencanaan transportasi perkotaan adalah "*Continuing planning*", yang menunjukkan perencanaan transportasi merupakan proses yang dinamis.

Dalam proses ini diperlukan informasi untuk memantau kondisi yang ada dan memprediksi kinerja. Oleh karena itu, keandalan informasi yang selalu hadir di wilayah administrasi desa atau pengaduan dari tahun ke tahun akan sangat bermanfaat. Banyak perhatian diberikan pada pengumpulan data, estimasi parameter dan kompleksitas model, tetapi masalah zonasi jarang mendapat perhatian yang sama. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa zonasi bukanlah hal yang sepele yang memberikan konsekuensi signifikan yang mungkin ditimbulkannya terhadap kesalahan statistik dan geografis. (Martínez et al., 2009)

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi penelitian diantaranya meliputi penelitian oleh (Altan & Ayözen, 2018), yang membuat zona dengan mempertimbangkan jarak berjalan kaki kira-kira 500 m di daerah yang lebih padat penduduknya, jarak radius zona 350 m di area tengah. Sejumlah 540 zona lalu lintas asli dibagi menjadi 1.788 zona yang lebih

kecil dan pengaruhnya terhadap konsistensi model diperiksa, perbandingan didasarkan pada metode *mean square root error* (RMSE). Penelitian berikutnya dilakukan oleh (Chen et al., 2019), dilakukan penyusunan zona lalu lintas dengan mengkategorikan zona lalu lintas dari pola mobilitas, intensitas perjalanan dan perbedaan keberangkatan dan kedatangan digunakan untuk memisahkan masing-masing kelompok, kemudian memperhatikan hubungan antara karakteristik penggunaan lahan dan pola mobilitas.

Dalam penelitian lain tentang heterogenitas spasial terhadap kepemilikan kendaraan, zona lalu lintas digambarkan dengan menggambar lingkaran ke stasiun sebagai pusatnya, yang disebut daerah tangkapan. Jari-jari lingkaran ditentukan dengan berjalan kaki ke stasiun transit, dan menghasilkan radius berjalan kaki yang berbeda bervariasi dari 400 meter hingga 800 meter (Wang et al., 2014). Menurut penelitian (Binetti & Ciani, 2002), pada awalnya zonasi yang ditandai dengan jumlah zona yang sangat sedikit dipertimbangkan melalui prosedur agregasi unit dasar spasial berdasarkan satu-satunya kriteria pemisah fisik. Setiap zona dibagi lagi menjadi zona-zona yang lebih kecil dan harus menjamin pembangunan zona yang menunjukkan karakteristik homogenitas terhadap satu atau lebih atribut. Kriteria kekompakan diverifikasi secara visual dan dengan kesederhanaan menggunakan teknologi GIS.

Penelitian yang dilakukan oleh (Miller, 2021) menyatakan bahwa zona yang lebih kecil secara konsisten mengurangi bias agregasi spasial dalam pemilihan rute, baik untuk penetapan jalan raya maupun rute angkutan umum, tetapi yang paling penting dalam kasus penetapan rute angkutan umum. Kemampuan untuk secara akurat memprediksi populasi area kecil, karena variasi stokastik dalam prediksi ini menjadi lebih menonjol dalam populasi yang lebih kecil.

Penelitian tentang zona lalu lintas di kota Vilnius menunjukkan bahwa tidak semua zona lalu lintas dapat dipertimbangkan seperti

pusat kegiatan transportasi. Situasi bermasalah semacam itu ada di bagian tengah Vilnius dan di zona yang berada jauh dari bagian pusat Vilnius. Alasan utamanya adalah disproporsi kepadatan penduduk dan tempat kerja yang besar di daerah-daerah tersebut. (Jakimavičius & Burinskiene, 2009)

Desain algoritma zona lalu lintas interaktif manusia berbasis GIS dapat digunakan untuk memperbarui zona lalu lintas agar sesuai dengan skenario penggunaan lahan perkotaan. Ini dapat meningkatkan kinerja simulasi pemodelan transportasi. Selain itu, sistem antarmuka berbasis GIS dapat digunakan untuk menganalisis dampak peraturan penggunaan lahan, peraturan zonasi, dan proyek transportasi. Hal ini juga dapat digunakan untuk menguji dampak konfigurasi jaringan terhadap perkiraan permintaan transportasi. Menu *driven system* memfasilitasi pengumpulan data, konversi data, persiapan file masukan, dan interpretasi hasil akhir. (CDing, 1998)

Selain itu, pada penelitian lainnya mengembangkan metode inovatif berbasis GIS untuk menghubungkan naik dan turunnya transit tingkat perhentian ke zona lalu lintas dari/ke mana penumpang sebenarnya berasal atau dituju. Metode yang dirumuskan mengalokasikan perjalanan transit secara proporsional dengan jumlah penduduk/tenaga kerja dan ukuran area dari zona yang bersaing atau kepadatan penggunaan lahan (area tapak tertimbang) dari persil dalam gudang akses transit. (Jung & Casello, 2019)

Widayati (2011) dalam penelitiannya membagi wilayah kajian menjadi 25 zona lalu lintas berdasarkan wilayah administrasi kecamatan dengan jaringan jalan arteri dan kolektor, dan menyimpulkan bahwa semakin sederhana sistem jaringan model, semakin rendah pula tingkat akurasi.

Serupa dengan penelitian tersebut, pada penelitiannya Sholichin (2019) juga membagi zona di wilayah studinya berdasarkan batas kecamatan, yaitu menjadi 5 zona lalu lintas. Pada penelitian lain, Ismadarni (2010) membahas hubungan pengaruh antara aspek

sosial ekonomi masyarakat terhadap bangkitan perjalanan di Kota Palu, pada penelitian tersebut zona kajian juga dibagi berdasarkan administrasi kecamatan.

Miller (2021) dalam bukunya mengatakan bahwa selain ukuran geografis, populasi zona merupakan faktor lain yang menjadi perhatian dalam desain zona. Populasi yang sangat besar dapat menghasilkan “beban titik” yang besar pada link yang terhubung ke centroid. Dalam model agregat apa pun, mereka dapat mendominasi estimasi parameter. Dan mereka juga akan lebih heterogen komposisi populasinya. Di sisi lain, zona dengan jumlah penduduk yang sangat kecil akan memiliki variabilitas statistik yang lebih tinggi sehubungan dengan sintesis populasi, meskipun tidak dapat dihindari bahwa banyak zona (“zona ketenagakerjaan”, dll.) akan memiliki jumlah yang kecil atau (bahkan nol) dari populasi.

Pada penelitian lain, Pramesti et.al. (2014) melakukan pembagian zona di Kota Surakarta berdasarkan sistem administrasi sebagai dasar pembagian zona. Hal tersebut dilakukan karena adanya keterbatasan data dalam penyederhanaan pembagian sistem zona.

Putra (2015) dalam penelitiannya membangun zona pada wilayah kajiannya berdasarkan citra *Quickbird* dengan langkah sebagai berikut:

- a. Melakukan koreksi geometrik citra *Quickbird* untuk menghilangkan pengaruh pergeseran relief dan untuk menempatkan piksel pada lokasi peta yang benar. Proses koreksi geometrik salah satunya menggunakan teknik *image to image* untuk memperoleh nilai RMSE sesuai yang dipersyaratkan;
- b. Setelah citra *Quickbird* terkoreksi dengan benar maka dilanjutkan dengan proses interpretasi. Interpretasi dibagi dua, yaitu interpretasi visual dan interpretasi digital. Khusus untuk citra *Quickbird* untuk memperoleh peta pemanfaatan lahan, peta kepadatan bangunan. Pada basis data, peta biasanya juga disebut data grafis dan

keterangan yang melengkapi peta, seperti luas bangunan, disebut data atribut atau tabular;

- c. Kerja lapangan merupakan tahap berikutnya yang bertujuan untuk mencocokkan hasil interpretasi citra Quickbird dengan kondisi lapangan sehingga hasil interpretasi dianggap 100% benar. Teknik uji akurasi yang digunakan adalah uji akurasi keseluruhan dan koefisien Kappa;
- d. Interpretasi ulang dilakukan terhadap peta pemanfaatan lahan, peta kepadatan bangunan, dan peta keteraturan bangunan. Selanjutnya peta pemanfaatan lahan, peta kepadatan, dan peta keteraturan bangunan dikelompokkan menjadi dua, yaitu zona bangkitan dan zona tarikan;
- e. Setelah diperoleh peta zona bangkitan dan tarikan perjalanan selanjutnya dilakukan pengambilan sampel di lapangan, untuk pengumpulan data besar dan arah perjalanan, dengan teknik wawancara asal tujuan di setiap zona bangkitan dan zona tarikan perjalanan.
- f. Selanjutnya pembangunan model bangkitan dan tarikan perjalanan dengan metode analisis regresi, dengan luas bangunan setiap zona berdasarkan citra *Quickbird* sebagai variabel terikat dan jumlah perjalanan hasil wawancara sebagai variabel bebas.
- g. Lalu melakukan analisis guna lahan untuk melengkapi proses yang telah dicitrakan citra *Quickbird* tadi.
- h. Pemodelan bangkitan dan tarikan perjalanan

Zona mewakili lokasi geografis asal dan tujuan perjalanan. Setiap zona dicirikan oleh penggunaan lahan dan karakteristik demografis yang memungkinkan perencanaan memperkirakan jumlah perjalanan yang kemungkinan akan dihasilkan dari dan menuju zona tersebut (Meyer & Miller, 2001)

Perjalanan yang dihasilkan dari atau ditarik ke zona lalu lintas umumnya diperkirakan sebagai fungsi karakteristik demografis/sosial ekonomi dan penggunaan lahan. Karakteristik

demografis dan sosio-ekonomi yang digunakan untuk memperkirakan produksi perjalanan dan daya tarik perjalanan pada tingkat TAZ bergantung pada karakteristik penggunaan lahan (misalnya, populasi TAZ bergantung pada jumlah unit tempat tinggal/rumah tangga dan rata-rata ukuran rumah tangga TAZ). (Pulugurtha et.al., 2012)

Pada makalahnya, Yang et al. (2022) merancang strategi bertahap berbasis data *multi-source* untuk memecahkan masalah deliniasi zona dengan menciptakan sistem zonasi dengan zona yang menunjukkan perilaku mobilitas homogen dan mengandung karakteristik penggunaan lahan yang homogen. Pertama, menggunakan fitur perjalanan *spasial-temporal* dan informasi penggunaan lahan stasiun angkutan umum dari data *multi-source*, termasuk data *smart card transit*, data tumpangan, data perjalanan *bike sharing*, dan data *point of interest*.

Penelitian Khatib et al. (2001) merancang 11 struktur zonasi analisis lalu lintas yang mewakili kombinasi dari tiga tingkat wilayah administrasi dan empat jenis lokasi pusat massa. Tiga tingkat geografi sensus adalah kabupaten, kecamatan, dan kelompok blok. Empat jenis lokasi pusat massa adalah pusat geometris, lokasi kota, pusat bobot penduduk, dan pusat bobot kepadatan rumah tangga.

Kebaruan dari penelitian ini, seperti yang telah disampaikan pada latar belakang yaitu menganalisis parameter lain yg dpt memenuhi prinsip sehomogen mungkin, yaitu parameter kepadatan penduduk wilayah terbangun.

Model transportasi empat tahap adalah model peramalan perjalanan yang umum digunakan yang terdiri dari pembangkitan perjalanan, distribusi perjalanan, pemilihan moda, dan langkah-langkah alokasi perjalanan. Pertama, saat membangkitkan perjalanan, frekuensi perjalanan diukur dengan mengevaluasi kecenderungan mengembara. Selanjutnya, dalam distribusi perjalanan, produksi perjalanan dibagi untuk menyesuaikan dengan distribusi daya tarik perjalanan dan untuk mencerminkan impedansi perjalanan yang mendasarinya (waktu dan/

atau biaya), menghasilkan tabel perjalanan dari keinginan perjalanan masyarakat. Saat memilih moda transportasi, tabel perjalanan selalu dihitung sehingga mencerminkan proporsi relatif perjalanan yang dilakukan dengan menggunakan moda transportasi alternatif. Terakhir, dalam pemilihan rute, tabel perjalanan modal dibebankan ke jaringan jalan. (McNally, 2007). Pada penelitiannya, (Apronti & Ksaibati, 2018) mengemukakan bahwa keakuratan prediksi untuk model permintaan perjalanan empat langkah ditemukan lebih baik daripada model regresi yang dikembangkan dalam penelitian sebelumnya.

Dari perbandingan antara model 4 tahap peramalan lalu lintas dan model *equilibrium solution* ini dapat dipelajari bahwa mengulangi prosedur model 4 tahap secara ad hoc tidak menghasilkan hasil yang diinginkan. Alih-alih, diperlukan menerapkan algoritma yang dirancang untuk menyatukan keseimbangan arus perjalanan yang terdefinisi dengan baik dan waktu tautan serta biaya yang ditentukan oleh arus ini. (Lee et al., 2015)

Model perlu menunjukkan bahwa mereka memberikan gambaran yang akurat tentang perjalanan saat ini sebelum mereka harus digunakan untuk meramalkan perjalanan masa depan. Data yang lebih baik, representasi sepeda yang lebih baik dan perjalanan pejalan kaki, model hunian otomatis yang lebih baik, faktor waktu hari yang lebih baik, menggunakan lebih banyak perjalanan tujuan, representasi akses yang lebih baik, memasukkan biaya ke dalam distribusi perjalanan, menambahkan penggunaan lahan umpan balik, tambahkan penundaan persimpangan - beberapa poin penting yang harus dipertimbangkan dan termasuk dalam sistem pemodelan transportasi tradisional untuk membuatnya jauh lebih nyaman dan realistis. (Ahmed, 2012)

Zona lalu lintas dari bangkitan perjalanan, pengukuran frekuensi perjalanan dilakukan dengan memperkirakan kecenderungan untuk melakukan perjalanan. Perjalanan direpresentasikan sebagai pergerakan

kendaraan satu arah atau satu arah dengan asal atau tujuan di dalam wilayah studi, bangkitan dan tarikan, yang diperkirakan secara terpisah. Selanjutnya, dalam distribusi perjalanan, produksi perjalanan didistribusikan untuk mencocokkan distribusi daya tarik perjalanan dan untuk mencerminkan impedansi perjalanan yang mendasarinya (waktu dan/atau biaya), menghasilkan tabel perjalanan permintaan perjalanan orang. Selanjutnya, dalam pemilihan moda, tabel perjalanan pada dasarnya diperhitungkan untuk mencerminkan proporsi relatif perjalanan dengan moda alternatif. Terakhir, dalam pemilihan rute, tabel perjalanan modal dibebankan ke jaringan jalan. (McNally, 2007)

Penentuan batas zona lalu lintas membutuhkan pertimbangan beberapa kriteria. Kriteria yang biasa digunakan terdiri dari: **kedekatan spasial**, yaitu unit yang membentuk zona lalu lintas harus berdekatan satu sama lain, **homogenitas**, adalah jenis guna lahan dan karakteristik sosio-ekonomi yang sejenis dalam satu zona, **compactness**, artinya bentuk zona lalu lintas harus berbentuk ramping dan padat secara spasial, tidak boleh ada zona yang berada didalam zona lainnya, dan batas administrasi, jalan utama, jalan rel, sungai, dan batas fisik lainnya digunakan sebagai batas zona jika memungkinkan. Kriteria homogenitas dan kedekatan terkadang saling eksklusif dan sulit untuk dipenuhi pada saat bersamaan. Oleh karena itu, kerangka sistematis harus memastikan bahwa kriteria yang dibutuhkan diadopsi secara harmonis untuk mencapai optimalitas pembangkitan *traffic analysis zone*. (You et al., 1998)

Jumlah penduduk bisa didapatkan dari Biro Pusat Statistik (BPS) dan Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil daerah setempat, kedalaman data tersebut sampai ke wilayah administrasi desa atau kelurahan. Informasi tentang luas wilayah administrasi sampai dengan desa atau kelurahan pun terdapat di BPS serta kantor-kantor desa/kelurahan. Bila jumlah penduduk langsung dibandingkan dengan luas wilayah administrasi, maka akan ditemui angka kepadatan penduduk dengan

satuan jiwa per kilometer persegi (jiwa/km²).
 Rumus matematikanya adalah (Putra, 2012):

$$\text{Kepadatan penduduk} = \frac{\text{Jumlah penduduk}}{\text{Luas wilayah}} \text{ jiwa/km}^2 \quad (1)$$

Dalam wilayah administrasi terdapat juga area ruang terbuka (*open space*) yang tidak dihuni oleh manusia, bila area ini tidak dihitung maka sisanya akan menjadi “daerah terbangun” saja. Perhitungan luas area terbangun dapat dilakukan dengan analisis *grid* pada peta, artinya peta dibagi dalam *grid* dengan luas tertentu tiap kotaknya, kemudian dihitung secara manual total luasnya. Pekerjaan ini dapat dibantu dengan aplikasi *opensource* Quantum Geographic Information System (QGIS). Jika dibagi antara jumlah penduduk dengan total luas daerah terbangun, maka akan didapatkan nilai “luasan daerah terbangun”, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kepadatan daerah terbangun} = \frac{\text{Jumlah penduduk daerah terbangun}}{\text{Luas wilayah daerah terbangun}} \text{ jiwa/km}^2 \quad (2)$$

Standar deviasi adalah sebaran data dalam distribusi normal. Dengan kata lain, standar deviasi menunjukkan seberapa akurat rata-rata mewakili data sampel. Namun pengertian Standard error minimum mencakup inferensi statistik berdasarkan distribusi sampling. *Standard error minimum* (SEM) adalah standar deviasi dari distribusi teoritis rata-rata sampel (Lee et al., 2015). Dasar penghitungan standar deviasi adalah keinginan untuk mengetahui keragaman suatu kelompok data. Salah satu cara untuk mengetahui keragaman dari suatu kelompok data adalah dengan mengurangi setiap nilai data dengan rata-rata kelompok data tersebut, selanjutnya semua hasilnya dijumlahkan (Nafi'iyah, 2016). Persamaan standar deviasi adalah

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Berlawanan dengan kesalahpahaman populer, standar deviasi adalah ukuran variabilitas yang valid terlepas dari distribusinya. Sekitar 95% pengamatan dari distribusi apa pun biasanya berada dalam 2 batas deviasi standar, meskipun yang di luar mungkin semuanya berada di satu ujung. (Altman & Bland, 2005)

Sebuah survei mengungkapkan bahwa para peneliti tampaknya masih menemui kesulitan untuk mengatasi *outlier*. Mendeteksi *outlier* dengan menentukan interval yang mencakup rata-rata *plus/minus* tiga standar deviasi tetap menjadi praktik umum. Namun, karena rata-rata dan standar deviasi sangat sensitif terhadap *outlier*, metode ini bermasalah. (Leys et al., 2013)

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah: bagaimana metode *standard deviation control* digunakan untuk membangun zona lalu lintas di Kabupaten Klungkung? Sedangkan tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan zona lalu lintas dengan contoh wilayah Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali, yang dibangun dengan metode *standard deviation control* untuk variabel kepadatan daerah terbangun.

B. Metode Penelitian

Metode *standard deviation control*, akan berfokus pada teknik penyusunan zona lalu lintas yang nilai standar deviasi dari kepadatan penduduk daerah terbangunnya akan lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai awal saat zona lalu lintas eksisting langsung dibentuk dari wilayah desa/kelurahan.

Data yang dibutuhkan berupa adalah data sekunder berupa peta wilayah administrasi Kabupaten Klungkung dan data sosio-ekonominya, dari instansi Dinas

Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Klungkung.

Metode analisis data adalah langkah pekerjaan yang dilakukan sebagaimana bagan alur penelitian pada Gambar 1.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Daerah penelitian

Kabupaten Klungkung terletak di sisi tenggara Pulau Bali, dimana wilayahnya terbagi dua antara daratan Klungkung dan Pulau Nusa Penida. Kabupaten Klungkung terdiri dari dua wilayah yang terpisah laut, yaitu disebut Klungkung Daratan dan Pulau Nusa Penida. Pada wilayah Klungkung Daratan terdapat 3 kecamatan, yaitu Kecamatan Dawan, Kecamatan Klungkung, dan Kecamatan Banjarangkan, sedangkan wilayah Pulau Nusa Penida tergabung dalam 1 kecamatan, yang disebut Kecamatan Nusa Penida (lihat Gambar 2).

Sehubungan dengan objek penelitian ini berbasis wilayah desa/kelurahan, dan analisis akan dilakukan untuk wilayah Klungkung Daratan saja, maka agar lebih jelasnya, area penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Kecamatan Dawan terdiri dari 12 desa,

Kecamatan Klungkung ada 6 kelurahan dan 12 desa, dan Kecamatan Banjarangkan terdiri dari 13 desa. Totalnya adalah 37 desa dan 6 kelurahan.

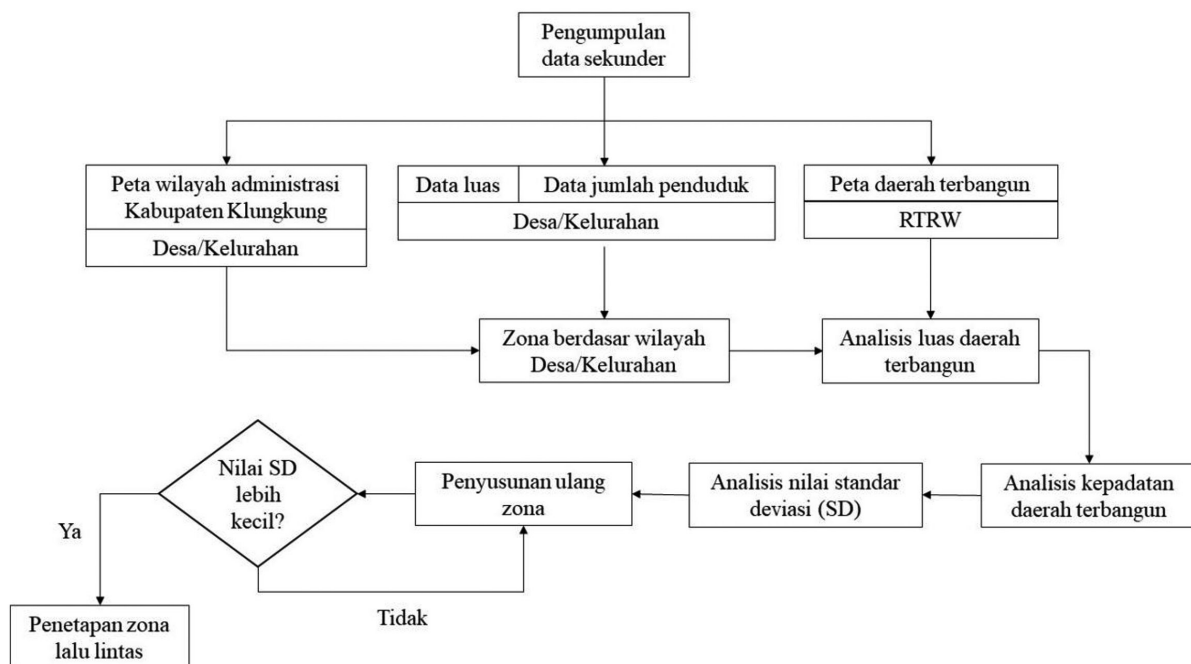
Data jumlah penduduk dan luas wilayah desa/kelurahan di Klungkung Daratan didapatkan dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Klungkung, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Data di atas, selanjutnya akan diolah untuk menghitung nilai variabel kepadatan daerah terbangun.

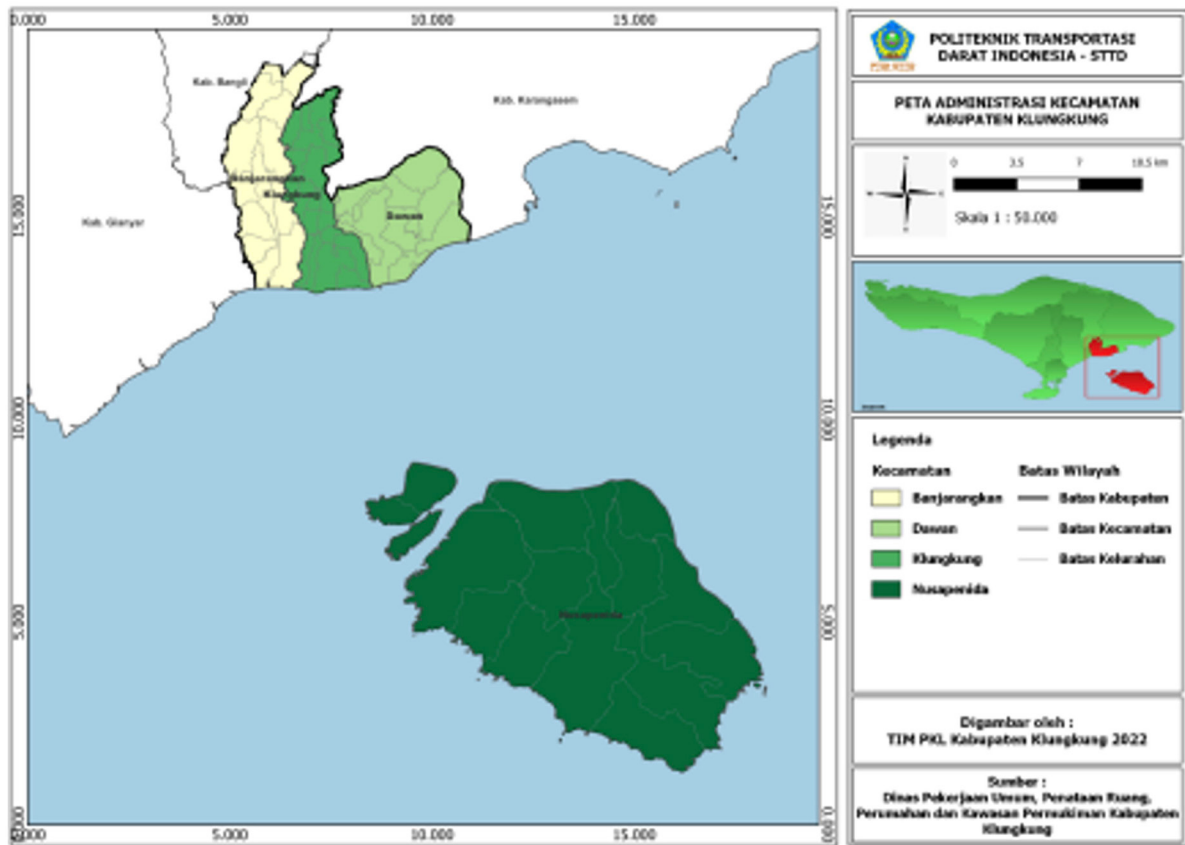
2. Pengolahan data

Pengolahan data meliputi analisis *grid* untuk perhitungan luas daerah terbangun. Langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

- Mengambil peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Klungkung sebagai informasi dasar, peta dimaksud dapat dilihat pada Gambar 4, area berwarna oranye adalah area terbangun
- Menggunakan *software* QGIS, dibuat *grid* untuk penghitungan luas area terbangun. Tahapan pengerjaannya: dengan *plug in* di QGIS lalu pada *layer* di-klik kanan, *properties*, lalu klik *ok*.



Gambar 1 Bagan Alur Penelitian



Sumber: Tim PKL Kabupaten Klungkung, 2022
 Gambar 2 Peta wilayah Kecamatan di Kabupaten Klungkung

Selanjutnya klik menu *processing*, *add toolbox*, lalu pilih *vector creation*, pilih *create grid*. Berikutnya sesuaikan parameter yang diinginkan. Untuk ukuran yang digunakan adalah $0,025 \times 0,025 \text{ km}^2$. Setelah itu dapat dicek *atribut table*, akan keluar berapa hasil pembagian wilayahnya. Peta *grid* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

c. Hasil analisis *grid* sebagaimana Tabel 2

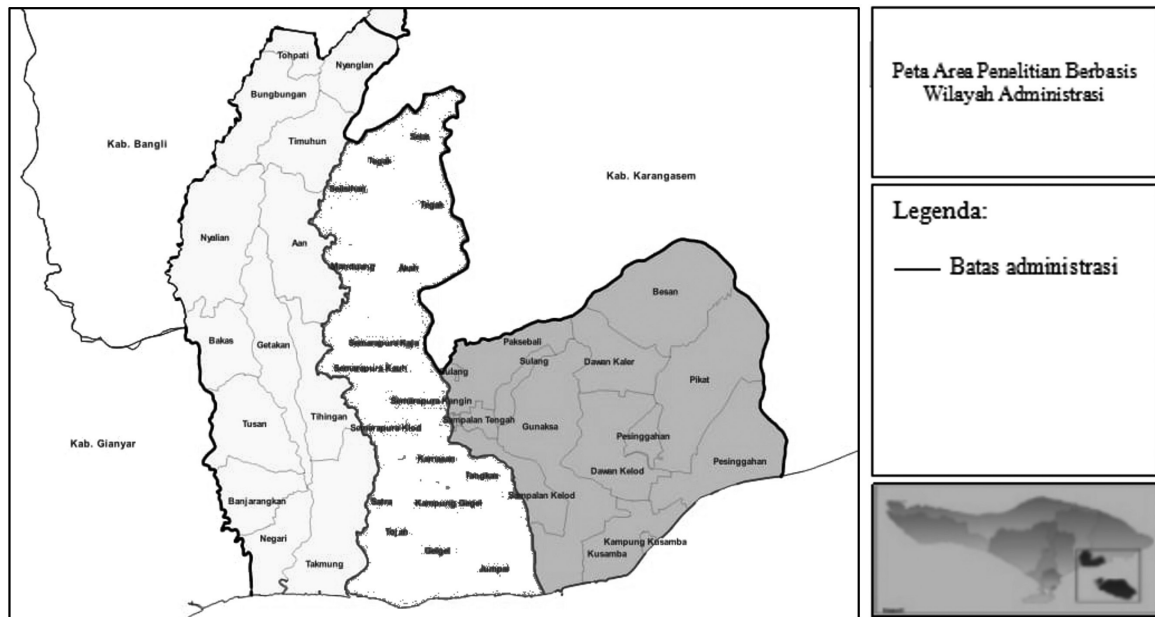
3. Analisis metode *standard deviation control*

Tahap pertama dari analisis ini adalah menganggap setiap desa/kelurahan sebagai zona transportasi, lalu dihitung nilai kepadatan daerah terbangunnya (lihat Tabel 3) kemudian ditentukan nilai rata-rata (*mean*) dan Standar Deviasi (SD).

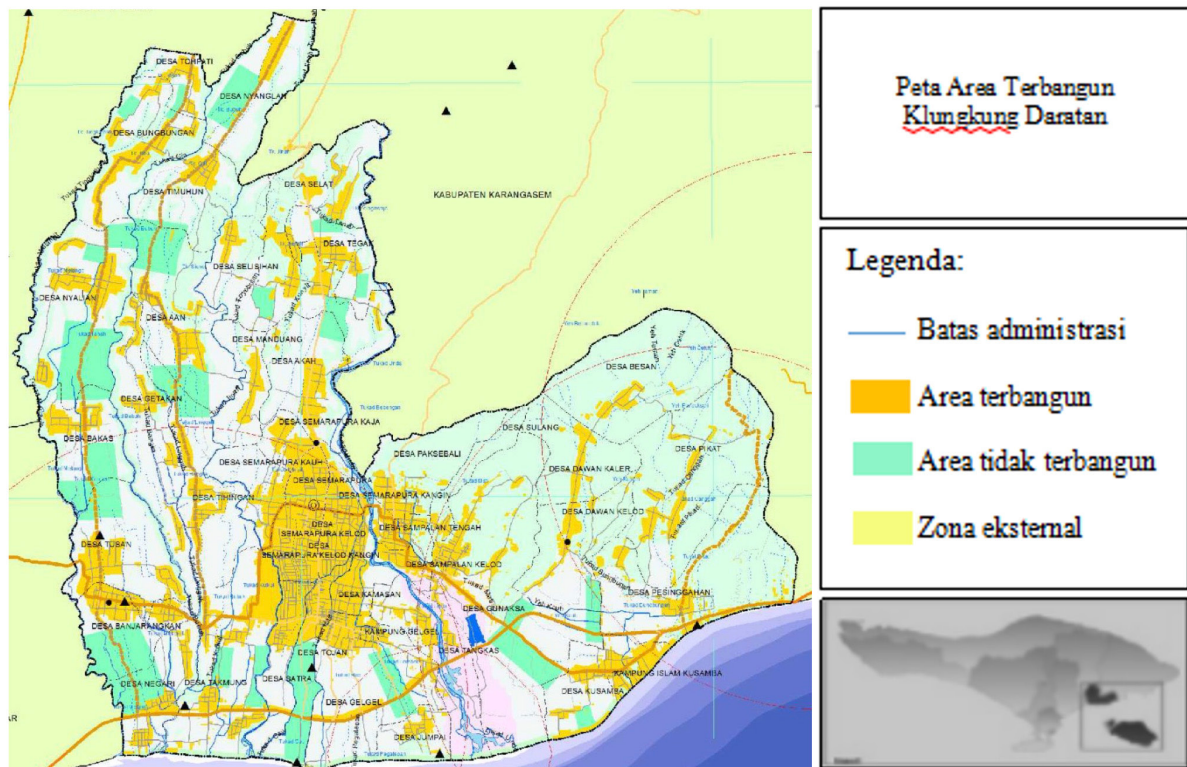
Selanjutnya dibuat diagram pencarian data dan digambarkan tiga garis horizontal berdasarkan nilai rata-rata kepadatan daerah terbangun (*mean*), nilai *mean* dikurang nilai

SD, dan nilai *mean* ditambah SD, yang akan menjadi *range area* untuk dilakukan kontrol. Perhitungan dengan MS Excel untuk data pada Tabel 3, menghasilkan nilai *mean* 11.025 dan nilai SD 3.294, sehingga nilai *mean* – SD adalah 7.731 dan *mean* + SD adalah 14.319 (lihat Gambar 6).

Range area adalah dari batas garis horizontal *mean*-SD sampai dengan *mean*+SD. Titik-titik yang berada di luar *range area* menjadi target penyesuaian, dalam hal ini berarti desa/kelurahan yang nilai kepadatan daerah terbangunnya berada di luar *range area* akan dilakukan penggabungan untuk menjadi satu zona. Penggabungan itu perlu memperhatikan posisi desa/kelurahan apakah berdampingan atau tidak. Setelah proses penggabungan akan dihitung kembali nilai SD-nya sebagai kontrol, jika nilainya turun artinya kesenjangan antar nilai kepadatan daerah terbangun mengecil dan zona yang terbentuk menjadi lebih homogen dari sisi



Gambar 3 Area Penelitian Berbasis Wilayah Administrasi Desa

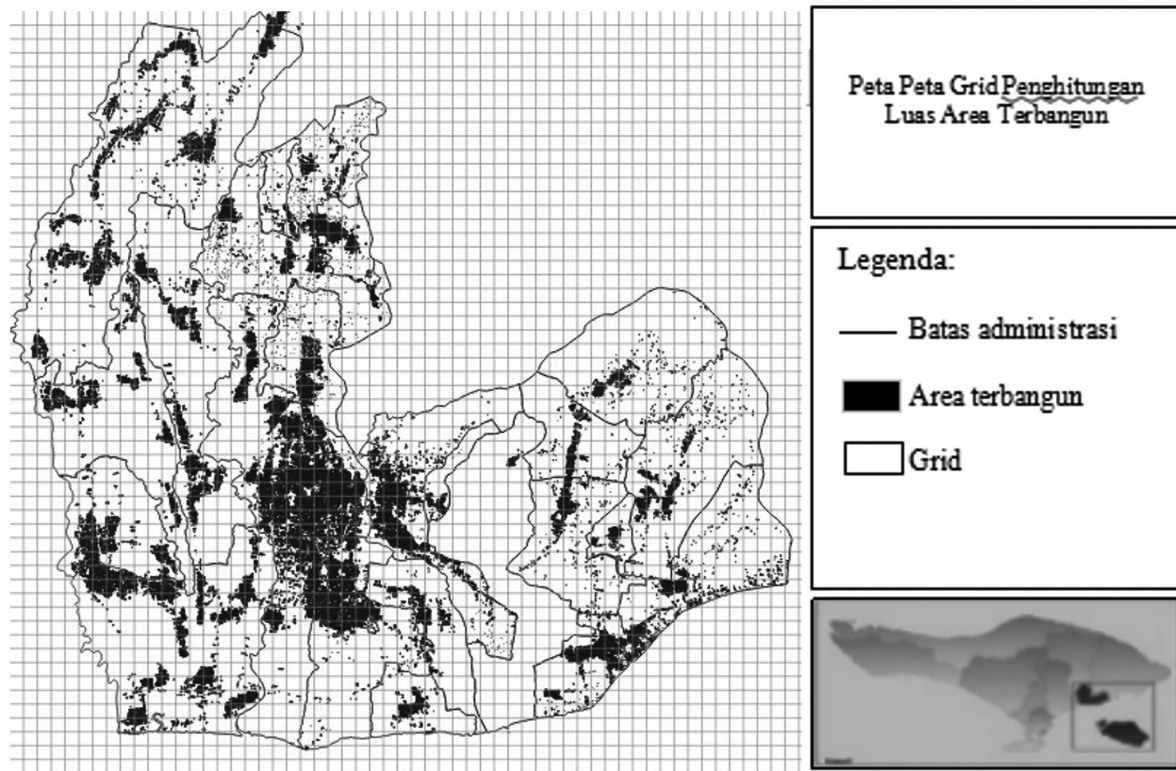


Gambar 4 Peta Area Terbangun Klungkung Daratan

Tabel 1 Data Jumlah Penduduk dan Luas Wilayah Desa/Kelurahan di Klungkung Daratan

No	Nama Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah (km ²)
1	Akah	5830	2,24
2	Gelgel	5106	2,90
3	Jumpai	1985	1,44
4	Kamasan	4330	1,88
5	Kampung gelgel	1218	0,07
6	Manduang	1955	1,75
7	Satra	1453	1,92
8	Selat	4995	2,89
9	Selisihan	1267	2,36
10	Semarapura kaja	2413	0,74
11	Semarapura kangin	4268	0,75
12	Semarapura kanh	2434	1,18
13	Semarapura kelod	5819	1,04
14	Semarapura kelod kangin	7183	0,79
15	Semarapura tengah	4363	0,65
16	Tangkas	3362	2,78
17	Tegak	4166	2,34
18	Tojan	3126	1,33
19	Aan	3122	3,98
20	Bakas	2419	2,82
21	Banjarangkan	5475	3,30
22	Bungbungan	3619	3,48
23	Getakan	3498	4,37
24	Negari	2963	2,16
25	Nyalian	5638	4,97
26	Nyanglan	1470	1,75
27	Takmung	5138	5,94
28	Tihingan	3918	4,39
29	Timuhun	3334	3,75
30	Tohpati	1580	1,61
31	Tusan	4302	3,21
32	Besan	2782	5,60
33	Dawan kaler	2717	2,38
34	Dawan kelod	2806	4,30
35	Gunaksa	5987	6,83
36	Kampung kusamba	734	0,10
37	Kusamba	7540	2,01
38	Paksebali	5492	2,68
39	Pesinggahan	4598	3,65
40	Pikat	3923	7,25
41	Sampalan kelod	3236	1,27
42	Sampalan tengah	1974	0,67
43	Sulang	1067	0,64

Sumber: Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Klungkung, 2022



Gambar 5 Peta *Grid* Penghitungan Luas Area Terbangun

variabel kepadatan daerah terbangun.

Tahap berikutnya adalah menggabungkan desa/kelurahan yang kepadatan daerah terbangunnya berada di luar *range area*. Hasil penggabungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil hitungan MS Excel menunjukkan nilai *mean* adalah 10752 dan nilai SD adalah 2049. Setelah itu dibuat grafik sebagaimana Gambar 7.

Memperhatikan fakta bahwa nilai SD variabel kepadatan penduduk daerah terbangun dari data pada Tabel 4 lebih kecil dibanding nilai SD dari data Tabel 3, artinya konsep penggabungan desa/kelurahan menjadi satu zona sebagaimana Tabel 4 telah menjadi bersifat lebih homogen dari sisi variabel kepadatan daerah terbangun. Walaupun masih ada beberapa titik yang berada di luar *range area*, itu tidak mengapa karena jika masih dilakukan penyesuaian justru mengakibatkan menurunnya tingkat ketelitian untuk analisis selanjutnya, sebab jumlah zona sedikit dengan wilayah masing-masing yang cukup

besar. Dengan hal ini, maka didapatkan bahwa jumlah zona lalu lintas pada wilayah Klungkung Daratan berdasarkan hasil kontrol terhadap nilai standar deviasi kepadatan daerah terbangunnya adalah 26 zona dengan rincian sebagaimana Tabel 4, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 8.

D. Simpulan

Dalam rangka menentukan zona lalu lintas yang memenuhi unsur homogenitas untuk memudahkan didapatkannya karakteristik unik transportasi suatu wilayah, digunakan variabel kepadatan daerah terbangun tiap daerah administrasi desa/kelurahan. Adanya kontrol terhadap nilai standar deviasi variabel tersebut dengan menggunakan suatu *range area*, akan membantu menentukan target penyesuaian, dengan melakukan penggabungan desa/kelurahan, sehingga angka penyimpangan dapat diperkecil. Pembuatan zona lalu lintas dengan studi kasus Wilayah Klungkung

Tabel 2 Hasil Analisis *Grid* Untuk Luas Area Terbangun di Klungkung Daratan

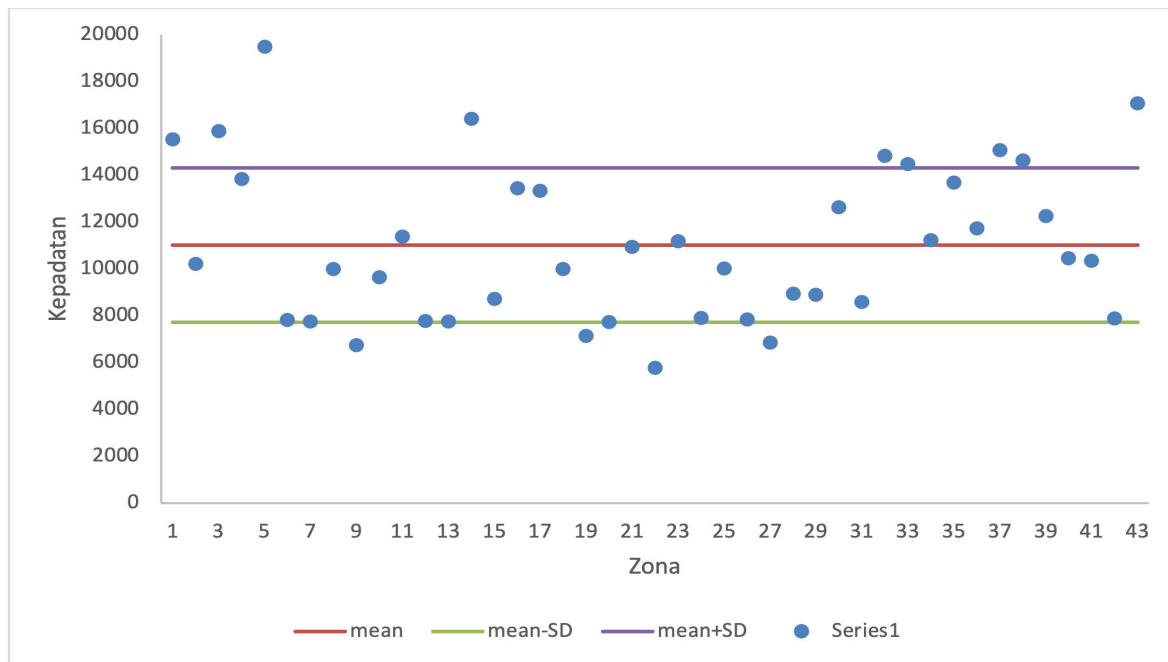
No	Nama Desa/Kelurahan	Luas Wilayah Terbangun (km ²)
1	Akah	0,4
2	Gelgel	0,5
3	Jumpai	0,1
4	Kamasan	0,3
5	Kampung gelgel	0,1
6	Manduang	0,3
7	Satra	0,2
8	Selat	0,5
9	Selisihan	0,2
10	Semarapura kaja	0,3
11	Semarapura kangin	0,4
12	Semarapura kanh	0,3
13	Semarapura kelod	0,8
14	Semarapura kelod kangin	0,4
15	Semarapura tengah	0,5
16	Tangkas	0,3
17	Tegak	0,3
18	Tojan	0,3
19	Aan	0,4
20	Bakas	0,3
21	Banjarangkan	0,5
22	Bungbungan	0,6
23	Getakan	0,3
24	Negari	0,4
25	Nyalian	0,6
26	Nyanglan	0,2
27	Takmung	0,8
28	Tihingan	0,4
29	Timuhun	0,4
30	Tohpati	0,1
31	Tusan	0,5
32	Besan	0,2
33	Dawan kaler	0,2
34	Dawan kelod	0,3
35	Gunaksa	0,4
36	Kampung kusamba	0,1
37	Kusamba	0,5
38	Paksebali	0,4
39	Pesinggahan	0,4
40	Pikat	0,4
41	Sampalan kelod	0,3
42	Sampalan tengah	0,3
43	Sulang	0,1

Sumber : Hasil analisis, 2022

Tabel 3 Hasil Perhitungan Nilai Kepadatan Daerah Terbangun

No	Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah Terbangun	Kepadatan Wilayah Terbangun
1	Akah	5830	0,4	15546,7
2	Gelgel	5106	0,5	10212,0
3	Jumpai	1985	0,1	15880,0
4	Kamasan	4330	0,3	13856,0
5	Kampung gelgel	1218	0,1	19488,0
6	Manduang	1955	0,3	7820,0
7	Satra	1453	0,2	7749,3
8	Selat	4995	0,5	9990,0
9	Selisihan	1267	0,2	6757,3
10	Semarapura kaja	2413	0,3	9652,0
11	Semarapura kangin	4268	0,4	11381,3
12	Semarapura kauh	2434	0,3	7788,8
13	Semarapura kelod	5819	0,8	7758,7
14	Semarapura kelod kangin	7183	0,4	16418,3
15	Semarapura tengah	4363	0,5	8726,0
16	Tangkas	3362	0,3	13448,0
17	Tegak	4166	0,3	13331,2
18	Tojan	3126	0,3	10003,2
19	Aan	3122	0,4	7136,0
20	Bakas	2419	0,3	7740,8
21	Banjarangkan	5475	0,5	10950,0
22	Bungbungan	3619	0,6	5790,4
23	Getakan	3498	0,3	11193,6
24	Negari	2963	0,4	7901,3
25	Nyalian	5638	0,6	10023,1
26	Nyanglan	1470	0,2	7840,0
27	Takmung	5138	0,8	6850,7
28	Tihingan	3918	0,4	8955,4
29	Timnhun	3334	0,4	8890,7
30	Tohpati	1580	0,1	12640,0
31	Tusan	4302	0,5	8604,0
32	Besan	2782	0,2	14837,3
33	Dawan kaler	2717	0,2	14490,7
34	Dawan kelod	2806	0,3	11224,0
35	Gunaksa	5987	0,4	13684,6
36	Kampung kusamba	734	0,1	11744,0
37	Kusamba	7540	0,5	15080,0
38	Paksebali	5492	0,4	14645,3
39	Pesinggahan	4598	0,4	12261,3
40	Pikat	3923	0,4	10461,3
41	Sampalan kelod	3236	0,3	10355,2
42	Sampalan tengah	1974	0,3	7896,0
43	Sulang	1067	0,1	17072,0

Sumber : Hasil analisis, 2022

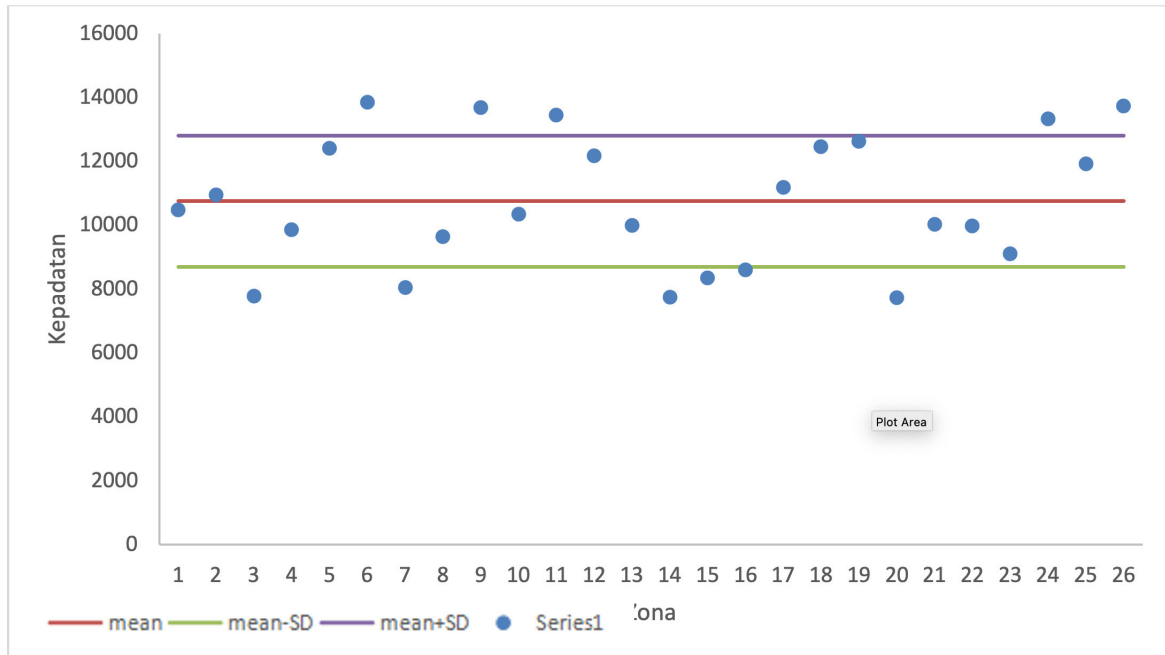


Gambar 6 Grafik Pencarian Data Kepadatan dan Garis Kontrol

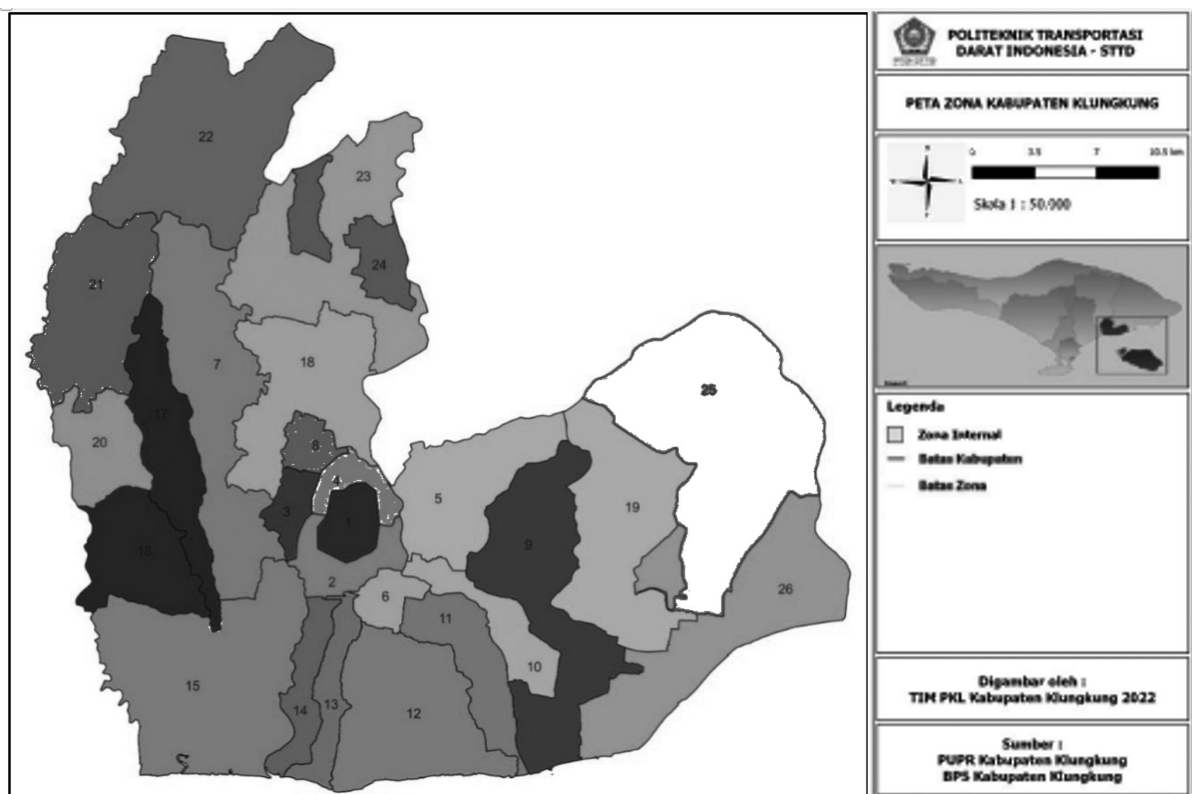
Tabel 4 Penggabungan Desa/Kelurahan Menjadi Satu Zona

Zona	Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah Terbangun	Kepadatan Wilayah Terbangun
1	Semarapura Kangin1, Semarapura Klod Kangin1, Semarapura Tengah1, Semarapura Klod 1	10817	1,03	10489
2	Semarapura Klod Kangin2, Semarapura Klod2	6501	0,59	10949
3	Semarapura Kauh	2434	0,31	7789
4	Semarapura Tengah2, Semarapura Kangin2	4316	0,44	9864
5	Paksebali, Sulang, Sampalan Tengah	8533	0,69	12412
6	Kamasan	4330	0,31	13856
7	Aan, Tihingan	7040	0,88	8046
8	Semarapura Kaja	2413	0,25	9652
9	Gunaksa	5987	0,44	13685
10	Sampalan Klod	3236	0,31	10355
11	Tangkas	3362	0,25	13448
12	Jumpai, Gelgel, Kampung Gelgel	11421	0,94	12182
13	Tojan	3126	0,31	10003
14	Satra	1453	0,19	7749
15	Takmung, Nagari, Banjarangkan	13576	1,63	8354
16	Tusan	4302	0,50	8604
17	Getakan	3498	0,31	11194
18	Akah, Manduang	7785	0,63	12456
19	Dewan Kaler, Dewan Klod	5523	0,44	12624
20	Bakas	2419	0,31	7741
21	Nyalian	5638	0,56	10023
22	Bungbungan, Timuhun, Tihpati, Nyanglan	11859	1,19	9987
23	Selisihan, Selat	6262	0,69	9108
24	Tegak	4166	0,31	13331
25	Besan, Pikat	6705	0,56	11920
26	Pesinggahan, Kusamba, Kampung Kusamba	12872	0,94	13730

Sumber : Hasil analisis, 2022



Gambar 7 Grafik Pencaran Data Kepadatan dan Garis Kontrol (2)



Sumber: Tim PKL Kabupaten Klungkung, (2022)
Gambar 8 Zona Lalu Lintas Wilayah Klungkung Daratan

Daratan dilakukan dengan metode tersebut dan mendapatkan sejumlah 26 zona lalu lintas, dengan nilai standar deviasi variabel kepadatan penduduk daerah terbangun adalah 2049. Nilai ini menurun sebesar 38% dibanding bila menggunakan wilayah administrasi desa/kelurahan secara langsung yaitu 3294, dan dikatakan bahwa rancangan 26 zona tersebut telah memenuhi prinsip homogenitas zona.

Konsep kontrol standar deviasi ini adalah upaya baru yang dilakukan agar pada penelitian lainnya, penentuan zona lalu lintas sebagai tahap dasar dan penting untuk mendukung analisis model transportasi empat tahap, dapat dilakukan secara terukur dan menghasilkan kondisi “sehomogen mungkin”, dalam hal ini variabel yang digunakan adalah kepadatan daerah terbangun.

E. Daftar Pustaka

- Ahmed, B. (2012). *The Traditional Four Steps Transportation Modeling Using Simplified Transport Network: A Case Study of Dhaka City, Bangladesh*. www.setscholars.org
- Altan, M. F., & Ayözen, Y. E. (2018). The effect of the size of traffic analysis zones on the quality of transport demand forecasts and travel assignments. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 62(4), 971–979. <https://doi.org/10.3311/PPci.11885>
- Altman D.G. & Bland J.M. (2005), Standard deviations and standard errors, *Education and debate : Statistics notes*, Volume 331
- Apronti, D. T., & Ksaibati, K. (2018). Four-step travel demand model implementation for estimating traffic volumes on rural low-volume roads in Wyoming. *Transportation Planning and Technology*, 41(5), 557–571. <https://doi.org/10.1080/03081060.2018.1469288>
- Binetti, M. G., & Ciani, E. (2002). Effects of Traffic Analysis Zones Design on Transportation Models. *Mini-EURO Conference: Handling Uncertainty in the Analysis of Traffic and Transportation System*, 813–823.
- CDing. (1998). *Planning and Design* (Vol. 25).
- Chen, Y., Zhang, Z., & Liang, T. (2019). Assessing urban travel patterns: An analysis of traffic analysis zone-based mobility patterns. *Sustainability (Switzerland)*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195452>
- de Dios Ortúzar, J., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport*. John Wiley & sons.
- Ismadarni, I. (2010). Studi Karakteristik Pelaku Perjalanan (Traveler) pada Zona Kecamatan Palu Barat Kota Palu Sulawesi Tengah. *SMARTek*, 8(2).
- Jakimavičius, M., & Burinskiene, M. (2009). Analysis and ranking of the transport system in the transport districts of the city of Vilnius using gis. *Technological and Economic Development of Economy*, 15(1), 39–48. <https://doi.org/10.3846/1392-8619.2009.15.39-48>
- Jung, Y. J., & Casello, J. M. (2019). GIS-based transit trip allocation methods converting stop-level boarding and alighting trips into TAZ trips. *Transportation Planning and Technology*, 42(8), 848–867. <https://doi.org/10.1080/03081060.2019.1675321>
- Khatib, Z., Chang, K. T., & Ou, Y. (2001). Impacts of analysis zone structures on modeled statewide traffic. *Journal of Transportation Engineering*, 127(1), 31–38.
- Lee, D. K., In, J., & Lee, S. (2015). Standard deviation and standard error of the mean. *Korean Journal of Anesthesiology*, 68(3), 220–223. <https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.3.220>
- Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard, P., & Licata, L. (2013). Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(4), 764–766. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2013.03.003>

- org/10.1016/j.jesp.2013.03.013
- Martínez, L. M., Viegas, J. M., & Silva, E. A. (2009). A traffic analysis zone definition: A new methodology and algorithm. In *Transportation* (Vol. 36, Issue 5, pp. 581–599). <https://doi.org/10.1007/s11116-009-9214-z>
- McNally, M. G. (2007). *Handbook of Transport Modelling Article information : About Emerald* www.emeraldinsight.com.
- Meyer, M.D., & Miller, E.J., (2001). *Urban Transportation Planning : A decision-oriented approach.*, second edition. McGraw-Hill Science Engineering, New York, NY.
- Miller, E. J. (2021). Traffic analysis zone definition: Issues & guidance. Travelling Modelling Group; University of Toronto: Toronto, ON, Canada, 1-22.
- Nafi'iyah, N. (2016). Perbandingan Modus , Median , K _ Standar Deviasi , Iterative , Mean Dan Otsu Dalam Thresholding. *Spirit* 8(2), 31–36.
- Pignataro, L. J., Cantilli, E. J., Falcocchio, J. C., Crowley, K. W., McShane, W. R., Roess, R. P., & Lee, B. (1973). Traffic engineering: theory and practice
- Pulugurtha, S. S., Duddu, V. R., & Kotagiri, Y. (2013). Traffic analysis zone level crash estimation models based on land use characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 678-687.
- Putra, A. A. Ngr. M. (2012). Analisis Sistem Informasi Geografis Kepadatan Penduduk Kota Denpasar dengan Menggunakan Arc View 3.3. *Jeliku*, 1(2), 35–47.
- Pramesti, N. D., Wulandari, W. L., Riyanto, B., & Basuki, K. H. (2014). Analisis Distribusi Perjalanan Menggunakan Model Gravitasi Dua Batasan dengan Optimasi Fungsi Hambatan Studi Kasus: Kota Semarang dan Kota Surakarta. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(1), 228-239.
- Putra, F. (2015). Pengembangan Metode Bangkitan dan Tarikan Perjalanan Berdasarkan Citra Satelit pada Zona Merah Kota Padang Beserta Analisis Guna Lahan dan Transportasinya. In The 18 th FSTPT International Symposium.
- Sholichin, I. (2019) Analisa bangkitan perjalanan dan trip distribution di Surabaya Utara. *Kern: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1(2).
- Tamin, O.Z. (1999). *Pemodelan, Perencanaan & Pemodelan Transportasi*. ITB Bandung. Bandung.
- Wang, S., Sun, L., Rong, J., & Yang, Z. (2014). Transit traffic analysis zone delineating method based on Thiessen polygon. *Sustainability (Switzerland)*, 6(4), 1821–1832. <https://doi.org/10.3390/su6041821>
- Widayati, I. (2011). Pengaruh Resolusi Sistem Zona Dan Jaringan Dalam Estimasi Matriks Asal Tujuan Angkutan Pribadi Dan Angkutan Umum Di Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Sipil, UBL*, 2(2), 172-183.
- Yang, B., Tian, Y., Wang, J., Hu, X., & An, S. (2022). How to improve urban transportation planning in big data era? A practice in the study of traffic analysis zone delineation. *Transport policy*, 127, 1-14
- You, J., Nedović-Budić, Z., & Kim, T. J. (1998). A GIS-based traffic analysis zone design: Technique. *Transportation Planning and Technology*, 21(1–2), 45–68. <https://doi.org/10.1080/03081069708717601>