

PENYUSUNAN MATRIKS PEMBOBOT SPASIAL BERBASIS KONEKTIVITAS TRANSPORTASI UNTUK PROVINSI BERCIRI KEPULAUAN DI INDONESIA

Development of Spatial Weighted Matrix based on Transportation Connectivity for Archipelago Provinces in Indonesia

D. R. Sedubun¹, Yudistira^{2*}, N. S. Laamena³, R. Salhuteru⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Statistika, FMIPA Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti Poka, Ambon, 97233, Maluku, Indonesia

E-mail Correspondence Author: *yudistira@fmipa.unpatti.ac.id

Abstrak

Penerapan statistika spasial saat ini sudah sangat umum digunakan dalam menganalisis fenomena indikator strategis di Indonesia, termasuk pada provinsi berciri kepulauan. Namun penerapan statistika spasial di provinsi berciri kepulauan terkendala oleh penggunaan matriks pembobot spasial yang kurang relevan dalam mengidentifikasi efek spasial dari indikator, karena banyaknya wilayah yang tidak berbatasan darat secara langsung. Sementara di sisi lain, konektivitas transportasi antar wilayah di provinsi berciri kepulauan telah berkembang jauh melampaui batas administrasinya. Melalui penelitian ini, kami mencoba untuk merumuskan konsep penyusunan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi antar kabupaten/kota pada provinsi berciri kepulauan. Penelitian ini menggunakan metode pengolahan data primer serta studi literatur, dengan data yang digunakan adalah rute transportasi laut dan udara antar kabupaten/kota pada 3 provinsi berciri kepulauan: Maluku, Maluku Utara, dan Kepulauan Riau. Hasil dari penelitian ini adalah berbagai jenis matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi antar kabupaten/kota pada ketiga provinsi tersebut, serta beberapa konsep dalam mengombinasikan matriks tersebut dengan jenis matriks pembobot spasial lainnya. Dengan penelitian ini, diharapkan dapat memicu lebih banyak penelitian spasial terkait indikator strategis pada provinsi berciri kepulauan di Indonesia.

Kata Kunci: Indonesia, Konektivitas, Matriks Pembobot Spasial, Provinsi Berciri Kepulauan, Transportasi.

Abstract

The application of spatial statistics is now commonly used in analysis of phenomena of strategic indicators in Indonesia, including in archipelago provinces. However, application of spatial statistics in archipelago provinces is constrained by spatial weighted matrix that are less relevant in identifying the spatial effects of indicators, due to enormous number of territories which not directly bordered by land. Meanwhile, transportation connectivity in archipelago provinces has expanded far beyond its administrative boundaries. Through this research, we tried to formulate concept in development of spatial weighted matrix based on transportation connectivity between regency/city in archipelago provinces. Our research used primary data processing methods as well as literature studies, with used the data of sea and air transport routes between regencies and cities in the 3 archipelago provinces: Maluku, Maluku Utara, and Kepulauan Riau. We developed several types of spatial weighted matrix based on transportation connectivity between regency/city in those three provinces, as well concepts in

combining such matrix with other kinds of spatial weighted matrix. With our research, it is hoped that could trigger more spatial research related to strategic indicators in archipelago provinces in Indonesia.

Keywords: Indonesia, Connectivity, Spatial Weighted Matrix, Archipelago Provinces, Transportation.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

1. PENDAHULUAN

Statistika spasial merupakan salah satu metode dalam ilmu statistik yang mempertimbangkan unsur kewilayahan terhadap setiap nilai data atau objek yang ditentukan dalam penelitian [1]. Penerapan statistika spasial saat ini sudah sangat umum digunakan dalam menganalisis fenomena indikator strategis suatu wilayah beserta faktor yang mempengaruhinya [2]. Adapun unsur terpenting dari analisis statistika spasial adalah terdapat matriks pembobot spasial yang didefinisikan menurut kriteria tertentu serta relevan digunakan dalam kasus yang spesifik [3].

Sementara itu Indonesia mempunyai kondisi geografis berupa wilayah kepulauan namun sangat penting sebagai bagian tak terpisahkan dari pembangunan nasional [4]. Bahkan di Indonesia terdapat istilah 'provinsi berciri kepulauan', yang merujuk pada provinsi dengan wilayah perairan lebih luas dari daratan, serta mempunyai banyak pulau terpisah yang membentuk gugusan dalam satu kesatuan geografis dan budaya [5]. Dalam konteks pengembangan statistika spasial, kondisi geografis Indonesia menjadi hal menarik untuk ditelusuri lebih dalam, karena definisi wilayah bertetangga secara spasial tidak selalu sederhana seperti pendefinisian tetangga pada umumnya [6].

Contoh kasus terkait hal tersebut dapat diamati pada 3 provinsi berciri kepulauan di Indonesia yaitu Provinsi Maluku, Maluku Utara dan Kepulauan Riau. Berdasarkan peta wilayah administratif yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial [7], ketiga provinsi tersebut masing-masing memiliki wilayah kabupaten/kota yang tidak memiliki batas wilayah daratan secara langsung. Apabila kondisi tersebut direpresentasikan dalam matriks pembobot spasial berdasarkan definisi ketetanggaan biasa, maka terdapat beberapa baris pada matriks tersebut semuanya bernilai 0. Berdasarkan kajian [8] dan [9], analisis spasial dengan menggunakan matriks pembobot spasial tersebut tidak akan banyak membantu dalam mengidentifikasi efek spasial dari variabel/indikator yang secara teoretis seharusnya terdapat efek antar wilayah.

Penelitian sebelumnya terkait analisis spasial terhadap indikator di provinsi berciri kepulauan seperti pada [10] dan [11], menggunakan matriks pembobot spasial dengan definisi ketetanggaan yang 'disesuaikan'. Penyesuaian yang dimaksud adalah dengan mengasumsikan dua wilayah yang berdekatan dalam peta administratif wilayah dianggap saling bertetangga, meskipun kedua wilayah tersebut tidak berbatasan darat secara langsung. Akan tetapi hingga saat ini belum ada kajian ilmiah yang mendukung penerapan asumsi tersebut dalam penyusunan matriks pembobot spasial.

Sementara itu, Indonesia sebagai wilayah kepulauan sangat membutuhkan sistem transportasi yang saling terhubung dalam rangka peningkatan taraf hidup masyarakatnya secara merata [12], khususnya pada provinsi berciri kepulauan. Penelitian terkait kajian keterhubungan transportasi di provinsi berciri kepulauan telah dilakukan sebelumnya [13], dengan hasil bahwa konektivitas transportasi antar wilayah di provinsi berciri kepulauan telah berkembang jauh dari batas administrasinya. Selain itu, penelitian [14] juga menyimpulkan bahwa konektivitas transportasi juga dapat

dijadikan salah satu landasan dalam pendekatan analisis spasial. Beberapa penelitian tersebut memberikan inspirasi baru dalam pengembangan statistika spasial, bahwa pendefinisian tetangga antar wilayah di provinsi berciri kepulauan di Indonesia akan lebih relevan jika mempertimbangkan konektivitas transportasi antara satu wilayah ke wilayah lainnya.

Oleh karena itu, penelitian ini fokus membahas pendekatan baru dalam menyusun matriks pembobot spasial pada provinsi berciri kepulauan, yaitu dengan menyusun definisi ketetanggaan spasial berdasarkan konektivitas transportasi di wilayah tersebut. Adapun provinsi berciri kepulauan yang menjadi ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi hanya pada 3 provinsi, yaitu Provinsi Maluku, Maluku Utara, dan Kepulauan Riau. Pemilihan ketiga provinsi tersebut mempertimbangkan kesamaan geografis sebagai provinsi berciri kepulauan, serta kesamaan konektivitas transportasi antara wilayah dalam ketiga provinsi tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif dengan pendekatan metode yang digunakan adalah pengumpulan dan pengolahan data primer serta studi literatur. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini merupakan rute transportasi darat, laut, dan udara antar wilayah di Provinsi Maluku, Maluku Utara, dan Kepulauan Riau, yang diperoleh dari beberapa sumber, mulai dari dokumen resmi, publikasi, hingga *database*. Secara umum, terdapat 3 tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi tahap pengumpulan data, pengolahan data, serta pendefinisian ketetanggaan dan matriks pembobot spasial.

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data rute transportasi terutama transportasi laut dan udara antar wilayah dalam masing-masing provinsi yang menjadi objek penelitian relatif cukup beragam, karena sumber data rute transportasi yang diperoleh pada setiap provinsi juga relatif berbeda.

Untuk Provinsi Maluku, data rute transportasi laut diperoleh langsung dari Dinas Perhubungan Provinsi Maluku berupa rute kapal komersial dan perintis yang melayani antar kabupaten/kota di Provinsi Maluku, dengan pembaharuan data sampai tahun 2023. Sedangkan untuk data rute transportasi udara juga diperoleh langsung dari Dinas Perhubungan Provinsi Maluku, namun dikonfirmasi dengan *database* rute penerbangan komersial *Flight Connection* [15] serta publikasi dari maskapai yang melayani penerbangan perintis di Provinsi Maluku [16].

Untuk Provinsi Maluku Utara, karena data rute transportasi laut tidak diperoleh langsung dari dinas perhubungan terkait maka diambil dari Surat Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut, Kementerian Perhubungan tentang rute pelayaran perintis tahun 2023 [17]. Sedangkan untuk data rute transportasi udara diperoleh dari Surat Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan tentang rute penerbangan perintis tahun 2023 [18], dilengkapi dengan *database* rute penerbangan komersial *Flight Connection* [15] serta publikasi dari maskapai yang melayani penerbangan perintis di Provinsi Maluku Utara [19].

Untuk Provinsi Kepulauan Riau, data rute transportasi laut diperoleh langsung dari Dinas Perhubungan Provinsi Kepulauan Riau berupa rute kapal komersial dan perintis yang melayani antar kabupaten/kota di Provinsi Kepulauan Riau, dengan pembaharuan data sampai tahun 2023. Sedangkan untuk data rute transportasi udara

diperoleh dari Surat Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan tentang rute penerbangan perintis tahun 2023 [18], dilengkapi dengan *database* rute penerbangan komersial *Flight Connection* [15] serta publikasi dari maskapai yang melayani penerbangan perintis di Provinsi Kepulauan Riau [20].

2.2. Pengolahan Data

Setelah memperoleh data rute transportasi terutama rute pelayaran dan penerbangan dari ketiga provinsi berciri kepulauan tersebut, langkah selanjutnya adalah identifikasi lokasi pelabuhan atau bandara yang tujuan awal dan akhir dari setiap rute berdasarkan wilayah administrasi kabupaten/kota pada masing-masing provinsi.

Sebagai contoh untuk rute pelayaran Galala – Namlea PP di Provinsi Maluku, berdasarkan letak administrasi diketahui bahwa Galala merupakan salah satu pelabuhan di Kota Ambon serta Namlea merupakan ibukota dari Kab. Buru. Sehingga dapat dikatakan rute pelayaran tersebut adalah menghubungkan wilayah Kota Ambon dan Kab. Buru di dalam Provinsi Maluku.

Contoh lainnya untuk rute penerbangan Hang Nadim – Letung PP di Provinsi Kepulauan Riau, berdasarkan letak administrasi diketahui bahwa Hang Nadim merupakan bandara utama di Kota Batam serta Letung merupakan bandara di Kab. Natuna. Sehingga dapat dikatakan rute penerbangan tersebut adalah menghubungkan wilayah Kota Batam dan Kab. Natuna di dalam Provinsi Kepulauan Riau.

Terdapat beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian ini terkait dengan identifikasi rute pelayaran dan penerbangan yang melintasi beberapa wilayah kabupaten/kota. Sebagai contoh untuk rute pelayaran Kota Ambon – Banda Neira (Kab. Maluku Tengah) – Kota Tual di Provinsi Maluku, maka dapat dikatakan rute tersebut menghubungkan 3 wilayah sekaligus: 1) Kota Ambon dan Kab. Maluku Tengah; 2) Kab. Maluku Tengah dan Kota Tual; serta 3) Kota Ambon dan Kota Tual. Khusus untuk poin 3) merupakan asumsi yang disepakati dalam penelitian ini, karena untuk dapat menuju wilayah tersebut dianggap masih dijangkau dengan moda transportasi yang sama (tanpa transit).

Selain itu dalam penelitian ini juga masih mempertahankan definisi wilayah kabupaten/kota yang berbatasan darat secara langsung sebagai wilayah yang saling bertetangga, karena diasumsikan akses menuju daerah yang berbatasan langsung telah dihubungkan melalui jalur darat. Hal ini juga berlaku untuk wilayah yang tidak berbatasan darat secara langsung namun terhubung dengan akses jembatan, seperti contoh antara Kab. Maluku Tenggara dengan Kota Tual di Provinsi Maluku.

2.3. Pendefinisian Ketetangaan dan Matriks Pembobot Spasial

Setelah seluruh rute transportasi berhasil diidentifikasi, maka dapat dikembangkan definisi dari ketetangaan spasial untuk penyusunan matriks pembobot spasial berdasarkan konektivitas transportasi. Penyusunan definisi ketetangaan berdasarkan konektivitas transportasi dalam penelitian ini merupakan pengembangan dari definisi ketetangaan dalam penyusunan matriks *Queen Contiguity* [2], dengan perbedaan penyusunan definisi antara kedua matriks tersebut disajikan seperti pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Perbedaan Definisi Ketetanggaan antar Matriks Pembobot Spasial

| Nilai w_{ij} (Keterangan) | Matriks <i>Queen Contiguity</i> | Matriks Pembobot Spasial Berbasis Konektivitas Transportasi |
|-------------------------------------|--|---|
| $w_{ij} = 1$ (Bertetangga) | Jika wilayah i berbatasan darat dengan wilayah j | Jika wilayah i terhubung transportasi langsung dengan wilayah j |
| $w_{ij} = 0$ (Tidak bertetangga) | Jika wilayah i tidak berbatasan darat dengan wilayah j | Jika wilayah i tidak terhubung transportasi langsung dengan wilayah j |

Pada penelitian ini, matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi untuk setiap provinsi berciri kepulauan terbagi atas 2 jenis: berdasarkan transportasi darat dan laut (gabungan), dan berdasarkan transportasi udara. Dengan demikian terdapat total 6 matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi yang disajikan dalam penelitian ini.

Selain itu, dalam penelitian ini juga disimulasikan 2 (dua) alternatif pengembangan dari penggunaan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi sebagai berikut:

- 1) Kombinasi penggunaan kedua jenis matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi berdasarkan prioritas penggunaan moda transportasi.
- 2) Kombinasi penggunaan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi dengan matriks pembobot spasial berbasis jarak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Matriks *Queen Contiguity*

Bagian ini membahas tentang hasil penyusunan matriks pembobot spasial berdasarkan definisi ketetanggaan yang biasa dipakai untuk menyusun matriks *Queen Contiguity*, pada 3 provinsi berciri kepulauan di Indonesia yaitu Provinsi Maluku, Maluku Utara, dan Kepulauan Riau. Penyusunan matriks ini berdasarkan hasil pengolahan langsung peta spasial dari ketiga provinsi tersebut menggunakan aplikasi R.

Pertama, matriks *Queen Contiguity* untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku disajikan pada [Gambar 1](#).

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|-------------------------|
| 0 | Kota Ambon |
| 1 | Kab. Buru |
| 2 | Kab. Buru Selatan |
| 3 | Kab. Kepulauan Aru |
| 4 | Kab. Maluku Barat Daya |
| 5 | Kab. Maluku Tengah |
| 6 | Kab. Maluku Tenggara |
| 7 | Kab. Kepulauan Tanimbar |
| 8 | Kab. Seram Bagian Barat |
| 9 | Kab. Seram Bagian Timur |
| 10 | Kota Tual |

Gambar 1. Matriks *Queen Contiguity* pada Provinsi Maluku

Berdasarkan [Gambar 1](#), terlihat bahwa pada matriks tersebut terdapat 5 baris dengan elemen pada seluruh kolomnya bernilai 0 (nol), yaitu baris dengan kode 3 (Kab. Kepulauan Aru), kode 4 (Kab. Maluku Barat Daya), kode 6 (Kab. Maluku Tenggara), kode 7 (Kab. Kepulauan Tanimbar), serta kode 10 (Kota Tual). Hal tersebut dapat

diartikan pula bahwa kelima kabupaten/kota di Provinsi Maluku tersebut tidak memiliki wilayah yang berbatasan darat secara langsung dengan wilayah lain.

Selanjutnya, matriks *Queen Contiguity* untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara disajikan pada **Gambar 2**.

| | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|----------|------------------------|
| 0 | Kab. Halmahera Selatan |
| 1 | Kab. Halmahera Tengah |
| 2 | Kab. Halmahera Timur |
| 3 | Kab. Halmahera Utara |
| 4 | Kab. Kepulauan Sula |
| 5 | Kab. Kepulauan Morotai |
| 6 | Kab. Pulau Taliabu |
| 7 | Kota Ternate |
| 8 | Kota Tidore Kepulauan |
| 9 | Kab. Halmahera Barat |

Gambar 2. Matriks *Queen Contiguity* pada Provinsi Maluku Utara

Berdasarkan **Gambar 2**, terlihat bahwa pada matriks tersebut terdapat 4 baris dengan elemen pada seluruh kolomnya bernilai 0 (nol), yaitu baris dengan kode 4 (Kab. Kepulauan Sula), kode 5 (Kab. Kepulauan Morotai), kode 6 (Kab. Pulau Taliabu), serta kode 7 (Kota Ternate). Hal tersebut dapat diartikan pula bahwa keempat kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara tersebut tidak memiliki wilayah yang berbatasan darat secara langsung dengan wilayah lain.

Sedangkan matriks *Queen Contiguity* pada kabupaten/kota di Provinsi Kepulauan Riau disajikan pada **Gambar 3**.

| | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|----------|------------------------|
| 0 | Kab. Karimun |
| 1 | Kab. Kepulauan Anambas |
| 2 | Kab. Lingga |
| 3 | Kab. Natuna |
| 4 | Kota Batam |
| 5 | Kab. Bintan |
| 6 | Kota Tanjungpinang |

Gambar 3. Matriks *Queen Contiguity* pada Provinsi Kepulauan Riau

Berdasarkan **Gambar 3**, terlihat bahwa pada matriks tersebut terdapat 5 baris dengan elemen pada seluruh kolomnya bernilai 0 (nol), yaitu baris dengan kode 0 (Kab. Karimun), kode 1 (Kab. Kepulauan Anambas), kode 2 (Kab. Lingga), kode 3 (Kab. Natuna), serta kode 4 (Kota Batam). Hal tersebut dapat diartikan pula bahwa kelima kabupaten/kota di Provinsi Kepulauan Riau tersebut tidak memiliki wilayah yang berbatasan darat secara langsung dengan wilayah lain.

3.2. Matriks Pembobot Spasial Berbasis Konektivitas Transportasi Darat dan Laut

Bagian ini membahas tentang hasil penyusunan matriks pembobot spasial berdasarkan definisi ketetanggaan berbasis konektivitas transportasi yang telah dijabarkan pada **Tabel 1**, namun dibatasi untuk moda transportasi darat dan laut. Penyusunan matriks ini (diistilahkan sebagai **matriks pembobot spasial WT1**) berdasarkan hasil identifikasi rute pelayaran pada Provinsi Maluku, Maluku Utara, dan Kepulauan Riau, dengan mempertahankan definisi ketetanggaan atas wilayah yang berbatasan darat secara langsung.

Pertama, matriks pembobot spasial **WT1** untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku disajikan pada **Gambar 4**.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|-------------------------|
| 0 | Kota Ambon |
| 1 | Kab. Buru |
| 2 | Kab. Buru Selatan |
| 3 | Kab. Kepulauan Aru |
| 4 | Kab. Maluku Barat Daya |
| 5 | Kab. Maluku Tengah |
| 6 | Kab. Maluku Tenggara |
| 7 | Kab. Kepulauan Tanimbar |
| 8 | Kab. Seram Bagian Barat |
| 9 | Kab. Seram Bagian Timur |
| 10 | Kota Tual |

Gambar 4. Matriks Pembobot Spasial **WT1** pada Provinsi Maluku

Berdasarkan **Gambar 4**, terlihat bahwa terdapat peningkatan signifikan terhadap wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku yang saling bertetangga berdasarkan konektivitas transportasi laut (ditandai dengan elemen matriks berwarna kuning). Hal ini menyebabkan dalam matriks pembobot spasial **WT1** pada Provinsi Maluku dipastikan tidak ada baris dengan seluruh elemennya bernilai 0 (nol). Bahkan Kota Ambon sebagai ibukota provinsi dianggap bertetangga dengan seluruh kabupaten/kota lainnya berdasarkan keterhubungan transportasi darat dan laut.

Selanjutnya, matriks pembobot spasial **WT1** untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara disajikan pada **Gambar 5**.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|------------------------|
| 0 | Kab. Halmahera Selatan |
| 1 | Kab. Halmahera Tengah |
| 2 | Kab. Halmahera Timur |
| 3 | Kab. Halmahera Utara |
| 4 | Kab. Kepulauan Sula |
| 5 | Kab. Kepulauan Morotai |
| 6 | Kab. Pulau Taliabu |
| 7 | Kota Ternate |
| 8 | Kota Tidore Kepulauan |
| 9 | Kab. Halmahera Barat |

Gambar 5. Matriks Pembobot Spasial **WT1** pada Provinsi Maluku Utara

Berdasarkan **Gambar 5**, terlihat bahwa terdapat peningkatan signifikan terhadap wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara yang saling bertetangga berdasarkan konektivitas transportasi laut (ditandai dengan elemen matriks berwarna kuning). Hal ini menyebabkan dalam matriks pembobot spasial **WT1** pada Provinsi Maluku Utara dipastikan tidak ada baris dengan seluruh elemennya bernilai 0 (nol). Bahkan Kota Ternate sebagai ibukota provinsi dianggap bertetangga dengan seluruh kabupaten/kota lainnya berdasarkan keterhubungan transportasi darat dan laut.

Sedangkan matriks pembobot spasial **WT1** untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Kepulauan Riau disajikan pada **Gambar 6**.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|------------------------|
| 0 | Kab. Karimun |
| 1 | Kab. Kepulauan Anambas |
| 2 | Kab. Lingga |
| 3 | Kab. Natuna |
| 4 | Kota Batam |
| 5 | Kab. Bintan |
| 6 | Kota Tanjungpinang |

Gambar 6. Matriks Pembobot Spasial *WT1* pada Provinsi Kepulauan Riau

Berdasarkan **Gambar 6**, terlihat bahwa terdapat peningkatan signifikan terhadap wilayah kabupaten/kota di Provinsi Kepulauan Riau yang saling bertetangga berdasarkan konektivitas transportasi laut (ditandai dengan elemen matriks berwarna kuning). Hal ini menyebabkan dalam matriks pembobot spasial *WT1* pada Provinsi Kepulauan Riau dipastikan tidak ada baris dengan seluruh elemennya bernilai 0 (nol).

3.3. Matriks Pembobot Spasial Berbasis Konektivitas Transportasi Udara

Bagian ini membahas tentang hasil penyusunan matriks pembobot spasial berdasarkan definisi ketetanggaan berbasis konektivitas transportasi yang telah dijabarkan pada **Tabel 1**, namun dibatasi untuk moda transportasi udara. Penyusunan matriks ini (diistilahkan sebagai **matriks pembobot spasial *WT2***) berdasarkan hasil identifikasi rute penerbangan pada Provinsi Maluku, Maluku Utara, dan Kepulauan Riau.

Pertama, matriks pembobot spasial *WT2* untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku disajikan pada **Gambar 7**.

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|-------------------------|
| 0 | Kota Ambon |
| 1 | Kab. Buru |
| 2 | Kab. Buru Selatan |
| 3 | Kab. Kepulauan Aru |
| 4 | Kab. Maluku Barat Daya |
| 5 | Kab. Maluku Tengah |
| 6 | Kab. Maluku Tenggara |
| 7 | Kab. Kepulauan Tanimbar |
| 8 | Kab. Seram Bagian Barat |
| 9 | Kab. Seram Bagian Timur |
| 10 | Kota Tual |

Gambar 7. Matriks Pembobot Spasial *WT2* pada Provinsi Maluku

Berdasarkan **Gambar 7**, terlihat bahwa terdapat beberapa wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku yang saling bertetangga berdasarkan konektivitas transportasi udara (ditandai dengan elemen matriks berwarna kuning), namun hanya pada Kota Ambon sebagai ibukota provinsi. Selain itu terdapat 2 baris pada matriks pembobot spasial *WT2* dengan seluruh elemennya bernilai 0 (nol), yaitu baris dengan kode 8 (Kab. Seram Bagian Barat) dan kode 9 (Kab. Seram Bagian Timur). Hal itu dapat diartikan pula bahwa kedua kabupaten/kota di Provinsi Maluku tersebut tidak memiliki bandara atau tidak ada rute penerbangan dari dan ke wilayah tersebut.

Selanjutnya, matriks pembobot spasial *WT2* untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara disajikan pada **Gambar 8**.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|------------------------|
| 0 | Kab. Halmahera Selatan |
| 1 | Kab. Halmahera Tengah |
| 2 | Kab. Halmahera Timur |
| 3 | Kab. Halmahera Utara |
| 4 | Kab. Kepulauan Sula |
| 5 | Kab. Kepulauan Morotai |
| 6 | Kab. Pulau Taliabu |
| 7 | Kota Ternate |
| 8 | Kota Tidore Kepulauan |
| 9 | Kab. Halmahera Barat |

Gambar 8. Matriks Pembobot Spasial *WT2* pada Provinsi Maluku Utara

Berdasarkan **Gambar 8**, terlihat bahwa terdapat beberapa wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara yang saling bertetangga berdasarkan konektivitas transportasi udara (ditandai dengan elemen matriks berwarna kuning), namun hanya pada Kota Ternate sebagai ibukota provinsi. Selain itu terdapat 4 baris pada matriks pembobot spasial *WT2* dengan seluruh elemennya bernilai 0 (nol), yaitu baris dengan kode 2 (Kab. Halmahera Timur), kode 6 (Kab. Pulau Taliabu), kode 8 (Kota Tidore Kepulauan), serta kode 9 (Kab. Halmahera Barat). Hal itu dapat diartikan pula bahwa keempat kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara tersebut tidak memiliki bandara atau tidak ada rute penerbangan dari dan ke wilayah tersebut.

Sedangkan matriks pembobot spasial *WT2* untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Kepulauan Riau disajikan pada **Gambar 9**.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|------------------------|
| 0 | Kab. Karimun |
| 1 | Kab. Kepulauan Anambas |
| 2 | Kab. Lingga |
| 3 | Kab. Natuna |
| 4 | Kota Batam |
| 5 | Kab. Bintan |
| 6 | Kota Tanjungpinang |

Gambar 9. Matriks Pembobot Spasial *WT2* pada Provinsi Kepulauan Riau

Berdasarkan **Gambar 9**, terlihat bahwa terdapat beberapa wilayah kabupaten/kota di Provinsi Kepulauan Riau yang saling bertetangga berdasarkan konektivitas transportasi udara (ditandai dengan elemen matriks berwarna kuning). Hal ini menyebabkan dalam matriks pembobot spasial *WT2* pada Provinsi Kepulauan Riau dipastikan tidak ada baris dengan seluruh elemennya bernilai 0 (nol).

3.4. Kombinasi Matriks Pembobot Spasial Berbasis Konektivitas Transportasi

Selain penyusunan kedua jenis matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi seperti yang telah dijelaskan pada 2 bagian sebelumnya, penelitian ini juga mencoba untuk menyusun bentuk matriks pembobot spasial lain yang potensial digunakan untuk analisis spasial pada provinsi berciri kepulauan di Indonesia. Salah satunya adalah dengan mengombinasikan bobot dari matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi berdasarkan prioritas moda transportasi yang digunakan.

Misalkan terdapat dua buah matriks pembobot spasial *WT1* dan *WT2*, maka didefinisikan matriks pembobot spasial baru (diistilahkan sebagai matriks pembobot spasial *WT**), dengan nilai bobot pada setiap elemen matriksnya dihitung sesuai persamaan berikut:

$$WT^* = c_1WT1 + c_2WT2 \quad (1)$$

$$wt_{ij}^* = c_1 \times wt1_{ij} + c_2 \times wt2_{ij} \quad (2)$$

dengan

wt_{ij}^* : Nilai bobot elemen matriks WT^* antara wilayah i dan j

$wt1_{ij}^*$: Elemen matriks $WT1$ antara wilayah i dan j

$wt2_{ij}^*$: Elemen matriks $WT2$ antara wilayah i dan j

c_1, c_2 : Proporsi pilihan moda transportasi darat/laut atau udara, dengan syarat $c_1 + c_2 = 1$

Penentuan proporsi c_1 dan c_2 pada **Persamaan (1)** atau **Persamaan (2)** dianjurkan berdasarkan hasil penelitian/kajian terkait dengan penentuan pilihan moda transportasi di suatu wilayah. Sebagai contoh pada penelitian ini, digunakan hasil dari penelitian [21] yang menyebutkan bahwa bobot prioritas antara moda transportasi darat/laut dan udara adalah 52% berbanding 48%, sehingga dapat ditentukan nilai $c_1 = 0,52$ dan $c_2 = 0,48$.

Sehingga matriks pembobot spasial berdasarkan prioritas moda transportasi untuk wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku, Maluku Utara, dan Kepulauan Riau secara berurutan disajikan pada **Gambar 10**, **Gambar 11**, dan **Gambar 12**.

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.52 | 0.52 | 1 | | |
| 1 | 1 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | | |
| 2 | 1 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0 | 0 | 0.52 | | |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0.52 | 1 | 0 | 0 | 0.52 | | |
| 5 | 1 | 0.52 | 0 | 0.52 | 0.52 | 0 | 1 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 1 | | |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0.52 | 0.52 | 1 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.52 | | |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 0.52 | 1 | 0.52 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | | |
| 8 | 0.52 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 9 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | | |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 0.52 | 0.52 | 1 | 0.52 | 0.52 | 0 | 0.52 | 0 | | |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|-------------------------|
| 0 | Kota Ambon |
| 1 | Kab. Buru |
| 2 | Kab. Buru Selatan |
| 3 | Kab. Kepulauan Aru |
| 4 | Kab. Maluku Barat Daya |
| 5 | Kab. Maluku Tengah |
| 6 | Kab. Maluku Tenggara |
| 7 | Kab. Kepulauan Tanimbar |
| 8 | Kab. Seram Bagian Barat |
| 9 | Kab. Seram Bagian Timur |
| 10 | Kota Tual |

Gambar 10. Matriks Pembobot Spasial WT^* pada Provinsi Maluku

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
| 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0.52 | 1 | 0.52 | 0 | | |
| 1 | 0.52 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.52 | 0 | | |
| 2 | 0 | 0.52 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | | |
| 3 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 1 | 0 | 0.52 | | |
| 4 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 1 | 0 | 0 | | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | |
| 6 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | | |
| 7 | 1 | 1 | 0.52 | 1 | 1 | 1 | 0.52 | 0 | 0.52 | 0.52 | | |
| 8 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 0.52 | | |
| 9 | 0 | 0 | 0.52 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0.52 | 0 | | |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|------------------------|
| 0 | Kab. Halmahera Selatan |
| 1 | Kab. Halmahera Tengah |
| 2 | Kab. Halmahera Timur |
| 3 | Kab. Halmahera Utara |
| 4 | Kab. Kepulauan Sula |
| 5 | Kab. Kepulauan Morotai |
| 6 | Kab. Pulau Taliabu |
| 7 | Kota Ternate |
| 8 | Kota Tidore Kepulauan |
| 9 | Kab. Halmahera Barat |

Gambar 11. Matriks Pembobot Spasial WT^* pada Provinsi Maluku Utara

| | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 0 | 0 | 0 | 0.48 | 0 | 0.52 | 0 | 0.52 | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0.52 | 0.48 | 0.52 | 0.48 | | |
| 2 | 0.48 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| 3 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.48 | 0 | 0 | | |
| 4 | 0.52 | 0.48 | 1 | 0.48 | 0 | 0.52 | 0.52 | | |
| 5 | 0 | 0.52 | 0 | 0 | 0.52 | 0 | 1 | | |
| 6 | 0.52 | 0.48 | 1 | 0 | 0.52 | 1 | 0 | | |

| Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|------|------------------------|
| 0 | Kab. Karimun |
| 1 | Kab. Kepulauan Anambas |
| 2 | Kab. Lingga |
| 3 | Kab. Natuna |
| 4 | Kota Batam |
| 5 | Kab. Bintan |
| 6 | Kota Tanjungpinang |

Gambar 12. Matriks Pembobot Spasial WT^* pada Provinsi Kepulauan Riau

3.5. Kombinasi dengan Matriks Pembobot Spasial Berbasis Jarak

Salah satu jenis matriks pembobot spasial yang cukup umum digunakan adalah matriks berbasis jarak dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Terkadang dalam matriks tersebut juga terdapat batasan jarak yang dianggap masih mempengaruhi nilai suatu indikator secara spasial, yang disebut sebagai *bandwidth* [22]. Berbekal informasi tersebut serta beberapa penelitian yang menerapkan matriks pembobot spasial berbasis jarak [23], [24], penelitian ini mencoba untuk merumuskan konsep dalam kombinasi antara matriks berbasis jarak dengan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi seperti yang telah dijabarkan pada bagian sebelumnya. Hasil dari penerapan konsep tersebut adalah sebuah matriks invers jarak (W') dengan *bandwidth* menyesuaikan dengan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menyusun matriks pembobot spasial W' pada provinsi berciri kepulauan di Indonesia adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung jarak setiap ibukota kabupaten/kota (d_{ij}) dengan metode jarak Euclid.
- 2) Menentukan *bandwidth* berdasarkan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi. Sebagai contoh digunakan **matriks pembobot spasial WT1** sebagai *bandwidth*, sehingga diperoleh nilai kriteria d_{ij} (sebut d_{ij}^*) sebagai berikut:

$$d_{ij}^* = \begin{cases} d_{ij} , & \text{jika } wt1_{ij} = 1 \\ 0 , & \text{jika } wt1_{ij} = 0 \end{cases}$$

- 3) Menghitung nilai elemen pada matriks pembobot spasial W' sebagai berikut:

$$w'_{ij} = \frac{\frac{1}{d_{ij}^*}}{\sum_j \frac{1}{d_{ij}^*}}$$

Sebagai contoh, matriks awal yang berisi jarak setiap ibukota kabupaten/kota di Provinsi Maluku disajikan seperti pada **Gambar 13**.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|----------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Kode | Nama Kabupaten/Kota |
| 0 | 0 | 167 | 183 | 747 | 502 | 146 | 579 | 563 | 65 | 249 | 554 | 0 | Kota Ambon |
| 1 | 167 | 0 | 35 | 912 | 500 | 294 | 745 | 705 | 185 | 409 | 720 | 1 | Kab. Buru |
| 2 | 183 | 35 | 0 | 919 | 470 | 318 | 755 | 700 | 209 | 429 | 729 | 2 | Kab. Buru Selatan |
| 3 | 747 | 912 | 919 | 0 | 889 | 667 | 175 | 334 | 757 | 556 | 196 | 3 | Kab. Kepulauan Aru |
| 4 | 502 | 500 | 470 | 889 | 0 | 621 | 784 | 563 | 566 | 667 | 755 | 4 | Kab. Maluku Barat Daya |
| 5 | 146 | 294 | 318 | 667 | 621 | 0 | 492 | 548 | 110 | 120 | 471 | 5 | Kab. Maluku Tengah |
| 6 | 579 | 745 | 755 | 175 | 784 | 492 | 0 | 287 | 585 | 381 | 29 | 6 | Kab. Maluku Tenggara |
| 7 | 563 | 705 | 700 | 334 | 563 | 548 | 287 | 0 | 599 | 480 | 266 | 7 | Kab. Kepulauan Tanimbar |
| 8 | 65 | 185 | 209 | 757 | 566 | 110 | 585 | 599 | 0 | 227 | 562 | 8 | Kab. Seram Bagian Barat |
| 9 | 249 | 409 | 429 | 556 | 667 | 120 | 381 | 480 | 227 | 0 | 362 | 9 | Kab. Seram Bagian Timur |
| 10 | 554 | 720 | 729 | 196 | 755 | 471 | 29 | 266 | 562 | 362 | 0 | 10 | Kota Tual |

Gambar 13. Matriks Jarak Ibukota Kabupaten/Kota pada Provinsi Maluku

Kemudian dengan menggunakan matriks pembobot spasial **WT1** pada Provinsi Maluku seperti pada **Gambar 4** sebagai *bandwidth* serta dihitung bobotnya seperti pada Langkah 3), maka diperoleh matriks pembobot spasial W' pada Provinsi Maluku seperti pada **Gambar 14**.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Kode | Nama Kabupaten/Kota |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------------------------|
| 0 | 0 | 0.044 | 0.049 | 0.199 | 0.134 | 0.039 | 0.154 | 0.15 | 0.017 | 0.066 | 0.148 | 0 | Kota Ambon |
| 1 | 0.245 | 0 | 0.051 | 0 | 0 | 0.432 | 0 | 0 | 0.272 | 0 | 0 | 1 | Kab. Buru |
| 2 | 0.839 | 0.161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | Kab. Buru Selatan |
| 3 | 0.353 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.315 | 0.083 | 0.158 | 0 | 0 | 0.092 | 3 | Kab. Kepulauan Aru |
| 4 | 0.156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.193 | 0.243 | 0.175 | 0 | 0 | 0.234 | 4 | Kab. Maluku Barat Daya |
| 5 | 0.042 | 0.085 | 0 | 0.192 | 0.179 | 0 | 0.142 | 0.158 | 0.032 | 0.035 | 0.136 | 5 | Kab. Maluku Tengah |
| 6 | 0.247 | 0 | 0 | 0.075 | 0.334 | 0.21 | 0 | 0.122 | 0 | 0 | 0.012 | 6 | Kab. Maluku Tenggara |
| 7 | 0.22 | 0 | 0 | 0.13 | 0.22 | 0.214 | 0.112 | 0 | 0 | 0 | 0.104 | 7 | Kab. Kepulauan Tanimbar |
| 8 | 0.181 | 0.514 | 0 | 0 | 0 | 0.306 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | Kab. Seram Bagian Barat |
| 9 | 0.341 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.495 | 9 | Kab. Seram Bagian Timur |
| 10 | 0.21 | 0 | 0 | 0.074 | 0.287 | 0.179 | 0.011 | 0.101 | 0 | 0.137 | 0 | 10 | Kota Tual |

Gambar 14. Matriks Pembobot Spasial W' pada Provinsi Maluku

Matriks pembobot spasial W' dengan kombinasi *bandwidth* berdasarkan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi cukup relevan digunakan dalam analisis spasial pada indikator yang sangat dipengaruhi oleh akses transportasi antar wilayah, misalnya pada bidang pariwisata untuk analisis kunjungan wisatawan [25].

4. KESIMPULAN

Secara umum terlihat bahwa pada provinsi berciri kepulauan di Indonesia, penyusunan matriks *Queen Contiguity* dengan definisi seperti yang digunakan pada umumnya, mengakibatkan banyak baris dengan seluruh elemennya bernilai 0 (nol). Apabila matriks ini tetap digunakan dalam analisis spasial, maka hasil yang diperoleh terutama terkait efek spasialnya tidak teridentifikasi pada seluruh wilayahnya.

Apabila menggunakan matriks pembobot spasial berdasarkan definisi ketetanggaan berbasis konektivitas transportasi darat dan laut, secara umum terjadi tambahan peningkatan signifikan terhadap jumlah wilayah kabupaten/kota di provinsi berciri kepulauan yang saling bertetangga. Penggunaan matriks pembobot spasial berdasarkan definisi ketetanggaan berbasis konektivitas transportasi udara juga meningkatkan hal serupa, meskipun tidak sebanyak konektivitas transportasi darat dan laut. Kedua matriks tersebut secara signifikan membantu dalam mengidentifikasi efek spasial antar wilayah pada provinsi berciri kepulauan di Indonesia.

Penerapan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi juga dapat dikembangkan menjadi matriks pembobot spasial berdasarkan prioritas penggunaan moda transportasi, dengan dilengkapi kajian terkait pilihan moda transportasi. Selain itu, matriks tersebut juga dapat dikombinasikan dengan matriks pembobot spasial berbasis jarak, dengan menggunakan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi sebagai *bandwidth* yang menentukan kriteria jarak yang berpengaruh secara spasial.

Penyusunan matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi diharapkan dapat memicu lebih banyak penelitian spasial terkait indikator strategis pada provinsi berciri kepulauan di Indonesia, dengan cara menerapkan berbagai jenis matriks pembobot spasial berbasis konektivitas transportasi yang telah disusun dalam penelitian ini. Adapun konsep terkait penyusunan matriks pembobot spasial yang dibahas sepanjang penelitian ini juga masih sangat terbuka untuk dikembangkan lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari pelaksanaan Hibah Penelitian PNBPA FMIPA

Universitas Pattimura Tahun 2023. Kami mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Pattimura dan Dekan FMIPA Universitas Pattimura yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Haining, *Spatial Data Analysis: Theory and Practice*, Illustrate. Cambridge University Press, 2003.
- [2] C. Yongwan and D. A. Griffith, *Spatial Statistics and Geostatistics: Basic Concepts*. SAGE Publications, 2013. doi: 10.1007/978-3-319-23519-6_1650-1.
- [3] D. A. Griffith and J. H. P. Paelinck, "The W Matrix Revisited," in *Morphisms for Quantitative Spatial Analysis, Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics, vol 51.*, Springer, Cham, 2018, pp. 177–185. doi: 10.1007/978-3-319-72553-6_15.
- [4] Zainuri, I. Nyoman Nurjaya, A. R. Budiono, and B. Winarno, "Setting the Urgency Islands Region Province in the System of National Space Arrangement," *J. Law, Policy Glob.*, vol. 53, pp. 211–216, 2016, [Online]. Available: <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/jawpoglob53&div=26&id=&page=>
- [5] *Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah*. 2014. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/38685/uu-no-23-tahun-2014>
- [6] Y. Chen, "On the four types of weight functions for spatial contiguity matrix," *Lett. Spat. Resour. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 65–72, Jul. 2012, doi: 10.1007/s12076-011-0076-6.
- [7] Badan Informasi Geospasial, "Ina-Geoportal: Geospasial untuk Negeri," 2017. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web> (accessed Oct. 02, 2023).
- [8] D. A. Griffith and J. H. P. Paelinck, "The Spatial Weights Matrix and ESF," in *Morphisms for Quantitative Spatial Analysis, Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics, vol 51.*, 2018, pp. 49–60. doi: 10.1007/978-3-319-72553-6_5.
- [9] S. Mackova, "W: Spatial Weight Matrix Diversity and Its Impact on Spatial Analysis Results," *Int. Conf. Adv. Business, Manag. Law*, vol. 2, no. 1, pp. 209–213, 2019, doi: 10.30585/icabml-cp.v2i1.225.
- [10] S. N. Aulele, V. Y. I. Ilwaru, E. R. Wuritimur, and M. Y. Matdoan, "Analisis Jumlah Penduduk Miskin di Provinsi Maluku dengan Menggunakan Pendekatan Regresi Spasial," *J. Apl. Stat. Komputasi Stat.*, vol. 13, no. 2, pp. 23–34, 2021, doi: 10.34123/jurnalasks.v13i2.294.
- [11] Y. Hastuti and N. Sukartini, "Model Laju Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Maluku Menggunakan Analisis Spasial," *Tahkim*, vol. XVI, no. 1, pp. 161–170, 2020.
- [12] D. Puspitawati, "Pembangunan Wilayah Kepulauan Berlandaskan Poros Maritim dalam Perspektif Negara Kepulauan: Tantangan dan Peluang Perimbangan Keuangan Daerah," *Bina Huk. Lingkung.*, vol. 4, no. 2, p. 251, 2020, doi: 10.24970/bhl.v4i2.107.
- [13] W. P. Anggrahini, "Upaya Peningkatan Konektivitas Angkutan Laut dan Penyeberangan Antar Kabupaten/Kota di Maluku," *War. Penelit. Perhub.*, vol. 30, no. 1, p. 23, 2018, doi: 10.25104/warlit.v30i1.630.
- [14] L. Alamá-Sabater, L. Márquez-Ramos, and C. Suárez-Burguet, "Trade and Transport Connectivity: A Spatial Approach," *Appl. Econ.*, vol. 45, no. 18, pp.

- 2563–2566, Jun. 2013, doi: 10.1080/00036846.2012.669466.
- [15] “Flight Connection.” <https://www.flightconnections.com/id/maskapai> (accessed Oct. 01, 2023).
- [16] PT. Semuwa Aviassi Mandiri, “Rute Penerbangan Perintis Korwil Langgur (SAM Air),” *Instagram Post*, 2023. <https://www.instagram.com/p/CmJALfTyIj2/> (accessed Oct. 01, 2023).
- [17] Kementerian Perhubungan, *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor KP-DJPL 675 Tahun 2022 tentang Jaringan Trayek Angkutan Laut Perintis Tahun Anggaran 2023*. 2022.
- [18] Kementerian Perhubungan, *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 23 Tahun 2022 tentang Penyelenggara dan Rute Angkutan Udara Perintis untuk Penumpang serta Penyelenggara Angkutan BBM Pesawat Udara untuk Kegiatan Angkutan Udara Perintis Penumpang Tahun Anggaran 2023*. 2022.
- [19] PT. ASI Pudjiastuti Aviation, “Rute Penerbangan Perintis Ternate - Gebe (Susi Air),” *Instagram Post*, 2023. <https://www.instagram.com/p/CxaGbCePsG/> (accessed Oct. 01, 2023).
- [20] PT. ASI Pudjiastuti Aviation, “Rute Penerbangan Perintis Dabo Singkep (Susi Air),” *Instagram Post*, 2023. <https://www.instagram.com/p/Cm58jGZvk7l/> (accessed Oct. 01, 2023).
- [21] A. Efendi and D. Budiman, “Analytical Hierarcy Process (AHP) Pada Perbandingan Penetapan Pemilihan Moda Transportasi Udara dan Moda Transportasi Laut,” *Sang Pencerah J. Ilm. Univ. Muhammadiyah But.*, vol. 8, no. 3, pp. 796–806, 2022, doi: 10.35326/pencerah.v8i3.2481.
- [22] N. M. Huda and N. Imro’ah, “Determination of the best weight matrix for the Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) model in the Covid-19 case on Java Island, Indonesia,” *Spat. Stat.*, vol. 54, p. 100734, 2023, doi: 10.1016/j.spasta.2023.100734.
- [23] Y. Taek, R. D. Bekti, and K. Suryowati, “Penerapan Model Geograpgically Weighted Regression (GWR) Menggunakan Fungsi Pembobot Adaptive Kernel Gaussian Dan Adaptive Kernel Bisquare Pada Tingkat Pengangguran Terbuka Di Pulau Papua,” *J. Stat. Ind. dan Komputasi*, vol. 08, no. 2, pp. 84–101, 2023.
- [24] N. F. Arini, N. M. Huda, and W. Andani, “Perbandingan Matriks Bobot Invers Jarak dan Bobot Seragam pada Model Gstar (1;1) untuk Data Indeks Harga Konsumen (Studi Kasus: Indeks Harga Konsumen di Kalimantan Barat),” *Tensor Pure Appl. Math. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 27–36, 2023, doi: 10.30598/tensorvol4iss1pp27-36.
- [25] N. Wahyuningsih, S. Didik Surjanto, and E. Vidya, “Model GSTARX dengan Bobot Invers Jarak untuk Jumlah Wisatawan pada Tiga Objek Wisata di Kota Batu,” *Pros. Semin. Nas. Integr. Mat. dan Nilai Islam.*, vol. 3, no. 1, pp. 85–89, 2020.