



Penentuan Lokasi Industri Menggunakan Metode WASPAS Dengan Data Spasial Sebagai Data Kriteria

Agusta Praba Ristadi Pinem¹, Siti Asmiatun², Astrid Novita Putri³

^{1,2,3} Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang

¹ agusta.pinem@usm.ac.id, ² siti.asmiatun@usm.ac.id, ³ astrid@usm.ac.id

Abstract

Spatial data can be used for location priority selection by integrating decision support system methods. So the information generated can help in making decisions and meet the expected aspects. One method that can be used is Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS). WASPAS is included in Multi Criteria Decision Making which can produce selected priority information from the data and criteria used. This study uses the WASPAS method as a determinant of strategic industrial location priorities by combining spatial data as criteria data. Seven variables contained in the Minister of Public Works Regulation for the determination of industrial estates are used as criteria data. Spearman Rank correlation test results with industrial location data in the city of Semarang showed a strong suitability, seen from the resulting correlation value of 1.0. The results obtained from this study are the formation of a decision support system model to determine the location of the industry using the WASPAS method.

Keywords: waspas, location, industry, spearman rank

Abstrak

Data spasial dapat digunakan untuk pemilihan prioritas lokasi dengan memadukan metode sistem pendukung keputusan. Sehingga informasi yang dihasilkan dapat membantu dalam pengambilan keputusan dan memenuhi aspek yang diharapkan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS)*. WASPAS termasuk dalam Pengambilan Keputusan Multi Kriteria yang dapat menghasilkan informasi prioritas pilihan dari data maupun kriteria yang digunakan. Penelitian ini menggunakan metode WASPAS sebagai penentu prioritas lokasi industri yang strategis dengan menggabungkan data spasial sebagai data kriteria. Tujuh variabel yang tertuang dalam Peraturan Menteri PU untuk penentuan kawasan industri digunakan sebagai data kriteria. Hasil uji korelasi *Rank Spearman* dengan data lokasi industri di Kota Semarang menunjukkan kesesuaian yang kuat, terlihat dari nilai korelasi yang dihasilkan sebesar 1,0. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah pembentukan model sistem pendukung keputusan untuk menentukan lokasi industri menggunakan metode WASPAS.

Kata kunci: waspas, lokasi, industri, spearman rank

1. Pendahuluan

Teknologi informasi sangat menunjang pekerjaan manusia, khususnya dalam pertukaran data dan informasi. Pertukaran informasi membantu pengguna sebagai pegambil keputusan untuk memilih keputusan yang tepat dan relevan dengan aspek yang dikehendaki. Dalam sistem pendukung keputusan ada beberapa model, salah satunya adalah *Multi Criteria Decision Making (MCDM)*. Metode MCDM banyak digunakan dibidang kegiatan manusia. Setiap alternatif dalam pengambilan keputusan dengan kasus multikriteria, dapat dianalisa dari suatu kumpulan kriteria yang sifatnya dapat berupa kriteria kualitatif maupun kriteria

kuantitatif. Salah satu metode sistem pendukung keputusan (SPK) dengan model MCDM yaitu *Weighted Aggregated Sum Product Assesment (WASPAS)* [1]. Metode WASPAS menggabungkan *Weighted Sum Model (WSM)* and *Weighted Product Model (WPM)* untuk proses pengambilan keputusan [2]. Pendekatan WSM menghitung skor total dari alternatif sebagai jumlah bobot kriteria. Pendekatan WPM dibuat untuk mencegah alternatif yang memiliki atribut atau nilai kriteria yang buruk [3].

Metode SPK terutama WASPAS telah diimplementasikan di banyak bidang. Selain itu metode WASPAS telah diterapkan untuk memecahkan masalah

penentuan *supplier* dengan memperhatikan dampak lingkungan [4], penentuan *supplier* dibidang otomotif [5], memilih strategi perawatan yang cocok untuk bangunan publik menggunakan kriteria keberlanjutan [6]. Selain dibidang manufaktur, metode WASPAS juga digunakan untuk penentuan pihak ketiga penyedia *logistic* [7], penilaian risiko manusia terhadap bangunan bendungan sekitar pemukiman [8]. Dalam penelitian di Indonesia, metode WASPAS digunakan untuk pemilihan beasiswa [9] dan pemilihan guru tetap [10]. Dalam hal penentuan lokasi, metode WASPAS diterapkan pada penentuan tempat parkir umum [11], lokasi stasiun pembangkit listrik tenaga sinar matahari dan angina [12] dan lokasi tempat parkir bersama [13].

Dalam penelitian ini selain menggunakan metode WASPAS juga menggunakan data spasial lokasi industri. Data spasial merupakan data representasi lokasi geografis dimuka bumi yang sering digunakan dalam bidang sistem informasi geografis (SIG) [14]. Data spasial dapat digunakan untuk menentukan lokasi kawasan industri di Sragen dan di Boyolali [15][16]. Dalam menentukan lokasi kawasan industri, kedua penelitian tersebut menggunakan metode SPK sebagai pembobotan parameter dan proses *overlay* pada SIG. Dalam penelitian ini, data spasial didapat dari data sekunder yang berupa peta digital. Peta digital yang digunakan meliputi peta jaringan jalan, sungai, pusat kota, jenis tanah, jenis lahan dan kemiringan. Nilai kriteria diperoleh dari *query spatial* terhadap data peta digital yang telah masuk kedalam *database*.

Kemampuan metode WASPAS dalam menghasilkan alternatif ideal dan kemampuan data spasial sebagai representasi lokasi geografis menjadi latar belakang penelitian ini untuk menentukan lokasi industri potensial. Data spasial yang diperoleh dari *query spatial* menjadi nilai kriteria pada setiap alternatif yang kemudian diproses dengan metode WASPAS. Diharapkan informasi yang dihasilkan sistem pendukung keputusan dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan penentuan lokasi industri. Penelitian ini menggunakan tujuh parameter atau kriteria sebagai data pendukung alternatif.

2. Metode Penelitian

SPK memiliki tiga komponen utama untuk membentuk prioritas, yaitu alternatif sebagai pilihan, kriteria sebagai atribut atau data dan bobot yang mempengaruhi penilaian dari kriteria [17] [8]. Model metode pengambilan keputusan salah satunya adalah *Multi Criteria Decision Making* (MCDM). Metode MCDM digunakan di beberapa penelitian dengan topik industri dan manufaktur. Salah satu metode sistem pendukung keputusan (SPK) pada MCDM yaitu WASPAS [1].

2.1. Weighted Aggregated Sum Product Assesment (WASPAS)

WASPAS merupakan metode untuk menganalisa alternatif berdasarkan keluaran dari total keseluruhan

kriteria *benefit* dan kriteria *cost* [8]. WASPAS didasarkan pada dua model agregat *Weighted-Sum Model* (WSM) yang didasarkan pada penentuan skor keseluruhan alternatif sebagai jumlah bobot dari nilai atribut dan *Weighted-Product Model* (WPM) yang dikembangkan untuk menghindari alternatif dengan nilai atribut yang buruk dimana setiap skor alternatif ditentukan sebagai produk dari skala penilaian setiap atribut dengan kekuatan yang sama dengan pentingnya bobot [5].

Dalam melakukan perbandingan, metode WASPAS memiliki beberapa langkah yaitu

Pembentukan *Decicion Making Matrix*

$$x = \begin{bmatrix} x_{ij} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{nj} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = m, 0; j = 1, n \quad (1)$$

Dimana m= jumlah alternatif, n= jumlah kriteria
 xij= nilai dari alternatif i terhadap kriteria j

Penormalisasian *Decision Making Matrix* untuk semua kriteria

Kriteria *Benefit*

$$X_{ij} = \frac{X_{ij}}{\max X_{ij}} \quad (2)$$

Kriteria *Cost*

$$X_{ij} = \frac{\min X_{ij}}{X_{ij}} \quad (3)$$

Matrik keputusan ternormalisasi untuk semua kriteria

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{ij} & \dots & \bar{x}_{ij} & \dots & \bar{x}_{nj} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{n1} & \dots & \bar{x}_{mj} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = \bar{m}, 0; j = 1, \bar{n} \quad (3)$$

Menentukan bobot matriks yang sudah dinormalisasi

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (4)$$

Menentukan nilai Q_i

$$Q_i = 0.5 \sum_{j=1}^n x_{ij} + 0.5 \prod_{j=1}^n (x_{ij}^{w_j}) \quad (5)$$

Alternatif dengan nilai Q_i terbesar menghasilkan alternatif terbaik berdasarkan urutan sehingga menghasilkan ranking.

Selanjutnya proses validasi diperlukan untuk mengukur performa dari metode yang digunakan. Untuk proses validasi menggunakan data sekunder dari halaman website Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Provinsi Jawa Tengah. Data sekunder yang diperoleh dari analisa prioritas dengan melihat ketersediaan lahan dan jumlah industri di lokasi industri masing-masing lokasi. Hasil dari analisa data sekunder terhadap prioritas lokasi industri dijadikan sebagai data fakta prioritas lokasi industri yang

kemudian dibandingkan dengan hasil dari metode WASPAS dalam merangking alternatifnya.

Proses validasi menggunakan metode Korelasi *Rank Spearman* dengan persamaan berikut.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (6)$$

Proses korelasi *Rank Spearman* membandingkan output rangking dari metode WASPAS dengan analisa prioritas lokasi industri. Metode korelasi *Rank Spearman* beberapa kasus digunakan untuk mengukur korelasi dengan data yang bersifat ordinal.

2.2. Lokasi Kawasan Industri

Wilayah industri merupakan kawasan yang diperuntukan bagi kegiatan industri berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah yang ditetapkan oleh Pemerintah Kabupaten/Kota yang bersangkutan. Secara detail karakteristik lokasi dan kesesuaian lahan untuk wilayah industri berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 41/PRT/M/2007 [18]. Parameter atau kriteria yang digunakan meliputi penggunaan lahan, geologi, hidrologi, aksesibilitas jalan dan topografi. Penggunaan lahan digunakan untuk melihat daya dukung lahan yaitu untuk mengetahui kemampuan dari daya lahan untuk suatu penggunaan lahan untuk kepentingan tertentu, seperti lokasi industri dan ketersediaan lahan. Geologi yang dimaksud adalah jenis tanah. Karakteristik tanah yang cocok untuk kawasan industri adalah bertekstur sedang sampai kasar dan kemampuan hidrologi. Hidrologi yang dimaksud adalah ketersediaan sumber air untuk keperluan industri. Wilayah yang mempunyai ketersediaan air tinggi memberikan kemampuan penyediaan air untuk proses industri dan sebagai penilaian dampak terhadap lingkungan. Aksesibilitas yang dimaksud adalah jalur transportasi yang terdapat di lokasi dengan kategori jalan yang sesuai. Sedangkan topografi meliputi lokasi meliputi kemiringan tanah.

Berdasarkan parameter pada Permen, kriteria yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Kriteria Lokasi Industri

Kriteria	Kategori	Keterangan
Jarak Pusat Kota	Cost	Jarak lokasi dengan pusat kota terdekat
Jarak Pemukiman	Benefit	Jarak lokasi dengan pemukiman terdekat
Jenis Lahan	Benefit	Jenis lahan peruntukan
Kemiringan Lereng	Cost	Kemiringan lahan
Jenis Tanah	Benefit	Jenis tanah peruntukan lokasi industri
Jarak Sungai	Cost	Jarak dengan sungai sebagai sumber air
Jarak Terhadap Jalan	Cost	Jarak terhadap jalan utama

Tabel 1 merupakan kriteria yang digunakan dalam penelitian ini. Kriteria yang digunakan mengacu pada

Permen PU terkait penentuan kawasan industri. Jarak lokasi dengan pusat kota (*point*) terdekat berdasarkan satuan Kilometer (km). Jarak lokasi dengan area pemukiman (*polygon*) terdekat berdasarkan satuan Kilometer (km). Jenis lahan merupakan jenis lahan pada dokumen tata ruang RT RW Kota Semarang atau peruntukan lahan. Jenis lahan atau peruntukan lahan yang diutamakan adalah lahan non pertanian, non pemukiman dan non konversi. Kemiringan lereng menjadi kriteria untuk tingkat keamanan pembangunan dan infastuktur. Kriteria kemiringan lereng maksimal 15%. Jenis tanah merupakan kriteria untuk penilaian terkait jenis tanah berdasarkan fungsinya. Jenis tanah yang sesuai untuk lokasi industri adalah jenis tanah yang tidak subur. Berikut jenis tanah berdasarkan tingkat kesuburannya: *Aluvial* - Cukup Subur, *Grumusol* - Tidak Subur dan *Latosol* - Tidak Subur. Jarak sungai berdasarkan satuan Kilometer (km) berdasarkan jarak lokasi dengan sungai terdekat. Sedangkan jarak jalan merupakan jarak lokasi terhadap akses jalan terdekat dengan mempertimbangkan jenis jalan. Jenis jalan berdasarkan jalan arteri.

Dalam penentuan bobot kriteria berdasarkan tingkat kepentingan kriteria atau pengaruh kriteria terhadap kriteria yang lain yang diperoleh dari observasi dokumen Permen dan pengambil keputusan.

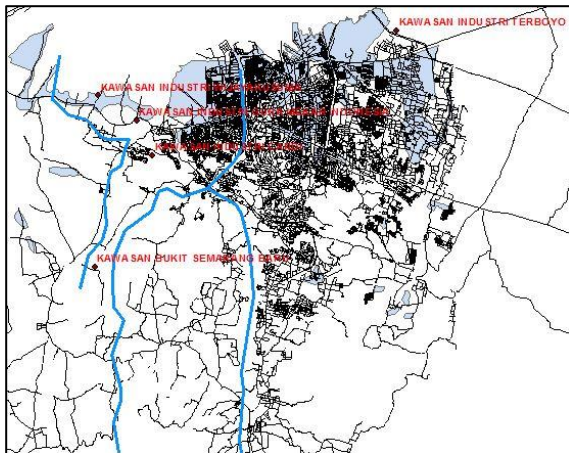
Data lokasi kawasan industri atau kriteria menggunakan data spasial. Data Spasial merupakan data representasi lokasi geografis dimuka bumi yang sering digunakan dalam bidang sistem informasi geografis (SIG) [14]. Data spasial yang diperoleh dari *Query Spatial* menjadi nilai kriteria pada setiap alternatif sehingga menghasilkan matrik keputusan. Matrik keputusan kemudian masuk kedalam algoritma metode WASPAS untuk diproses perhitungan nilai Qi.

Data spasial yang digunakan meliputi tabel 2.

Tabel 2 Data Spasial

Kriteria	Tipe	Keterangan
Pusat Kota	Point	Titik pusat kota terdekat
Pemukiman	Polygon	Lahan peruntukan pemukiman
Area Lahan	Polygon	Jenis lahan peruntukan
Kemiringan Lereng	Polygon	Kemiringan lahan
Jenis Tanah	Polygon	Jenis tanah
Sungai	Line	Garis sungai di Pulau Jawa
Jalan	Line	Jalan berdasarkan tipe jalan

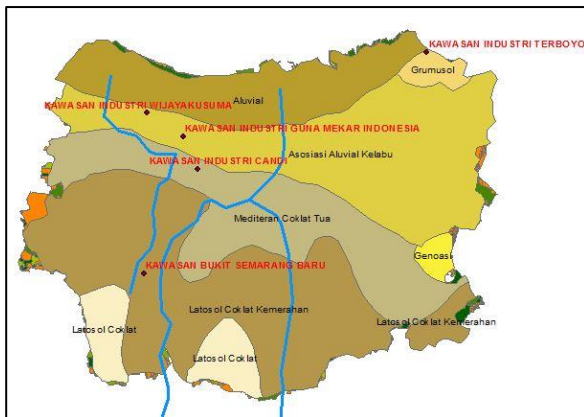
Data spasial yang digunakan terdiri dari koordinat x dan y. Dalam peneltiian ini menggunakan bebereapa jenis *feature spatial*. Tipe *point* maka hanya terdiri dari satu x dan y seperti data pusta kota. Sedangkan untuk tipe *polygon* dan *line* terdiri dari kumpulan koordinat yang membentuk garis dan area. Gambar 1 adalah peta digital untuk data garis jalan, garis sungai dan titik pusat kota.



Gambar 1 Peta Jaringan Jalan, Sungai dan Pusat Kota

Peta digital kemudian dilakukan *import* ke database dan tersimpan dalam bentuk koordinat

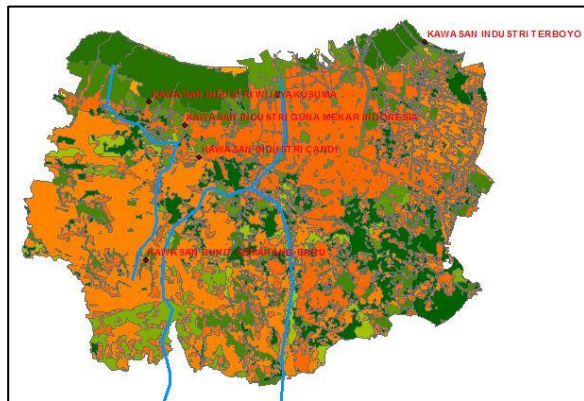
Gambar 2 adalah peta digital untuk data area jenis tanah yang kemudian dilakukan *import* ke database.



Gambar 2 Peta Jenis Tanah

Data tersimpan dalam bentuk koordinat yang selanjutnya dilakukan *query spatial* untuk mengetahui lokasi industri berada pada area dengan jenis tanah apa.

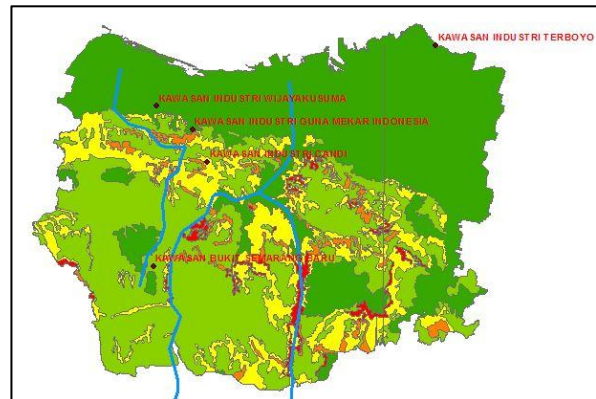
Gambar 3 adalah visualisasi peta digital data jenis penggunaan lahan.



Gambar 3 Peta Jenis Lahan

Masing-masing warna menunjukkan jenis lahan yang berbeda untuk cakupan area yang berbeda pula. Data peta yang sama juga digunakan untuk mencari jarak terdekat dengan area lahan untuk peruntukan pemukiman, dan data jarak titik lokasi industri dengan areal jenis lahan pemukiman.

Gambar 4 adalah visualisasi peta digital untuk kemiringan lahan tersimpan dalam bentuk koordinat yang selanjutnya dilakukan *query spatial*.



Gambar 4 Peta Kemiringan Lahan

Masing-masing warna menunjukkan tingkat kemiringan atau kelerengan lahan yang berbeda untuk cakupan area yang berbeda pula.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik dan Open Data Kota Semarang. Dalam metode WASPAS, tahap pertama yaitu membentuk *decision making matrix* dengan 7 kriteria untuk setiap alternatif yang ada. Setiap baris matrik mencerminkan nilai alternatif terhadap alternatif yang lain.

Tabel 3 menunjukkan nilai kriteria jarak jalan untuk setiap alternatif lokasi industri terhadap jalan arteri.

Tabel 3 Nilai Kriteria Jarak Jalan

Lokasi Industri	ALT	KET	Jarak
Bukit Semarang Baru	A2	Arteri	0.14
Industri GMI	A3	Arteri	1.29
Industri Candi	A4	Arteri	1.29
Industri Terboyo	A5	Arteri	0.57
Industri Wijayakusuma	A1	Arteri	7.11

Lima alternatif atau lokasi industri menghasilkan jarak terdekat dengan garis jalan arteri atau utama menggunakan *query spatial*. Proses *query spatial* menggunakan operator *spatial SDO_DISTANCE* didalam database dengan memilih jalan yang memiliki keterangan arteri. Jarak diukur dari titik lokasi dengan garis jalan arteri terdekat. Kriteria jarak lokasi dengan sungai, jarak lokasi dengan pusat kota dan jarak dengan lokasi pemukiman juga menggunakan operator *spatial* yang sama, yaitu *SDO_DISTANCE* dengan kondisi berdasarkan kriteria masing-masing. Seperti lokasi yang

beketerangan pemukiman dan pusat kota. Dari proses tersebut menghasilkan nilai berupa jarak dengan satuan kilometer.

Nilai kriteria yang lain diperoleh melalui *query spatial* untuk mengetahui berada pada area lahan, jenis tanah dan kemiringan lahan menggunakan operator *spatial SDO_CONTAINS* dan fungsi *JOIN* di *database*.

Tabel 4 merupakan matrik keputusan untuk 5 alternatif dengan 7 kriteria untuk penentuan prioritas lokasi industri.

Tabel 4 Matrik Keputusan

	Alt	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
1	A1	13.2	0.0	0.2	5.0	0.5	7.1	0.1
2	A2	8.2	0.0	0.0	2.0	1.0	0.1	0.4
3	A3	7.8	5.0	0.3	5.0	1.4	1.3	0.2
4	A4	6.5	5.0	0.0	5.0	7.2	1.3	0.7
5	A5	10.2	0.0	0.0	2.0	1.4	0.6	0.4

Setiap nilai pada matrik keputusan diperoleh dari *query spatial* seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 hingga gambar 4.

Nilai WSM dan WPM diperoleh dengan menggunakan persamaan 5. Masing-masing alternatif dicari nilai total terbobotnya dan produk terbobotnya. Setelah memperoleh nilai WSM dan WPM maka dapat diperoleh nilai Q_i . Dalam metode WASPAS menggunakan nilai Q_i sebagai tolak ukur perangkingan. Nilai Q_i sendiri diperoleh dari nilai WSM dan WPM di setiap alternatif. Tabel 5 menunjukkan hasil perangkingan pada metode WASPAS

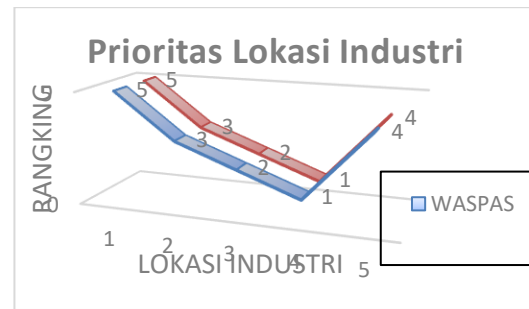
Tabel 5 Hasil Metode WASPAS

Lokasi Industri	WSM	WPM	Q_i	Rank
Bukit Semarang Baru	0.3	0.000	0.2	5
Industri GMI	0.6	0.000	0.3	3
Industri Candi	0.5	0.337	0.4	2
Industri Terboyo	0.7	0.453	0.6	1
Industri Wijayakusuma	0.4	0.000	0.2	4

Alternatif Lokasi Industri Terboyo atau alternatif 4 merupakan lokasi industri dengan prioritas utama, disusul dengan Lokasi Industri Candi menempati prioritas 2. Maka lokasi industri Lokasi Industri Terboyo menjadi opsi terbaik lokasi industri.

3.4 Nilai Korelasi

Perhitungan korelasi *Rank Spearman* dengan menggunakan persamaan 6 adalah sebesar 1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa *output* rangking dari metode WASPAS sama dengan Prioritas Lokasi Industri. Hal ini ditunjukkan dengan rangking yang sama antara alternatif di metode WASPAS dengan hasil analisa prioritas lokasi industri.



Gambar 5 Ploting Prioritas Lokasi Industri

Ploting prioritas dengan garis biru merupakan perangkingan yang dihasilkan oleh metode WASPAS, dan garis merah yang merupakan prioritas dari hasil analisa data sekunder. Dari gambar 5 menunjukkan ploting yang sama untuk setiap alternatif atau lokasi industri menempati rangking yang sama baik dari output metode WASPAS dan Prioritas DPMPSTP.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terbentuknya model sistem pendukung keputusan dengan metode WASPAS untuk penentuan lokasi industri dengan menggunakan data berbasis spasial sebagai nilai kriteria untuk masing-masing alternatif. Melalui hasil perhitungan nilai validasi menggunakan korelasi *Spearman Rank* sebesar 1 atau dapat diartikan memiliki korelasi yang sangat tinggi atau kuat dalam kasus penentuan lokasi industri. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pembobotan yang dilakukan oleh lebih dari satu pengambil keputusan dan penambahan data daerah terdampak banjir sebagai kriteria.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Semarang atas sumber dana penelitian dengan nomor kontrak : 018/USM.H7.LPPM/L/2020.

Daftar Rujukan

- [1] E. K. Zavadskas, D. Kalibatas, and D. Kalibatiene, "A multi-attribute assessment using WASPAS for choosing an optimal indoor environment," *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 76–85, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.acme.2015.10.002.
- [2] A. Hafezalkotob, A. Hami-Dindar, N. Rabie, and A. Hafezalkotob, "A decision support system for agricultural machines and equipment selection: A case study on olive harvester machines," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 148, pp. 207–216, May 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.03.012.
- [3] Z. Turskis, N. Goranin, A. Nurusheva, and S. Boranbayev, "A Fuzzy WASPAS-Based Approach to Determine Critical Information Infrastructures of EU Sustainable Development," *Sustainability*, vol. 11, no. 2, p. 424, Jan. 2019, doi: 10.3390/su11020424.
- [4] A. R. Mishra, P. Rani, K. R. Pardasani, and A. Mardani, "A novel hesitant fuzzy WASPAS method for assessment of green supplier problem based on exponential information measures,"

- Journal of Cleaner Production*, vol. 238, p. 117901, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117901.
- [5] S. Gupta, U. Soni, and G. Kumar, "Green supplier selection using multi-criterion decision making under fuzzy environment: A case study in automotive industry," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 136, pp. 663–680, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.cie.2019.07.038.
- [6] D. E. Ighravwe and S. A. Oke, "A multi-criteria decision-making framework for selecting a suitable maintenance strategy for public buildings using sustainability criteria," *Journal of Building Engineering*, vol. 24, p. 100753, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.jobe.2019.100753.
- [7] D. Pamucar, K. Chatterjee, and E. K. Zavadskas, "Assessment of third-party logistics provider using multi-criteria decision-making approach based on interval rough numbers," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 127, pp. 383–407, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.cie.2018.10.023.
- [8] S. Bid and G. Siddique, "Human risk assessment of Panchet Dam in India using TOPSIS and WASPAS Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods," *Heliyon*, vol. 5, no. 6, p. e01956, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01956.
- [9] R. Manurung, R. Sitanggang, and F. T. Waruwu, "Penerapan Metode Weighted Aggregated Sum Product Assessment Dalam Penentuan Penerima Beasiswa Bidik Misi," vol. 5, no. 1, p. 6, 2018.
- [10] S. Barus, V. M. Sitorus, D. Napitupulu, M. Mesran, and S. Supiyandi, "Sistem Pendukung Keputusan Pengangkatan Guru Tetap Menerapkan Metode Weight Aggregated Sum Product Assesment (WASPAS)," *mib*, vol. 2, no. 2, Apr. 2018, doi: 10.30865/mib.v2i2.594.
- [11] E. K. Zavadskas, R. Bausys, and I. Mazonaviciute, "Safety evaluation methodology of urban public parks by multi-criteria decision making," *Landscape and Urban Planning*, vol. 189, pp. 372–381, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.landurbplan.2019.05.014.
- [12] R. Nie, J. Wang, and H. Zhang, "Solving Solar-Wind Power Station Location Problem Using an Extended Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) Technique with Interval Neutrosophic Sets," *Symmetry*, vol. 9, no. 7, p. 106, Jul. 2017, doi: 10.3390/sym9070106.
- [13] M. Deveci, F. Canitez, and I. Gökaşar, "WASPAS and TOPSIS based interval type-2 fuzzy MCDM method for a selection of a car sharing station," *Sustainable Cities and Society*, vol. 41, pp. 777–791, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.scs.2018.05.034.
- [14] H. Lu, M. L. Yiu, and X. Xie, "Querying spatial data by dominators in neighborhood," *Information Systems*, vol. 77, pp. 71–85, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.is.2018.06.001.
- [15] K. Ulfa Fathul and S. Subiyanto, "Penentuan Kawasan Peruntukan Industri Menggunakan Analytical Hierarchy Process (Ahp) Dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Sragen)," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 6, p. 9, 2017.
- [16] W. S. Nugraha, S. Subiyanto, and A. P. Wijaya, "Penentuan Lokasi Potensial Untuk Pengembangan Kawasan Industri Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Boyolali," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 4, p. 9, 2015.
- [17] K. A. Alam, R. Ahmed, F. S. Butt, S.-G. Kim, and K.-M. Ko, "An Uncertainty-aware Integrated Fuzzy AHP-WASPAS Model to Evaluate Public Cloud Computing Services," *Procedia Computer Science*, vol. 130, pp. 504–509, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.04.068.
- [18] M. PU, "Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budi Daya." Kementerian Pekerjaan Umum, 2007.