



KAJIAN KOMPARATIF PEMODELAN AIR TANAH MENGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI DESA KAYUAMBON, KABUPATEN BANDUNG BARAT

Millary Agung Widiawaty¹, Moh. Dede², Arif Ismail³

^{1,2}Departemen Pendidikan Geografi, Universitas Pendidikan Indonesia

³Survei Pemetaan dan Informasi Geografis, Universitas Pendidikan Indonesia

¹millary@student.upi.edu , ²desa96@student.upi.edu , ³arifismail@upi.edu,

ABSTRACT

Nowadays, fresh water availability is a problem and require serious attention from all parties. Urbanization in Kayuambon Village causes highly growth population and require fresh water to support the needs, it resources come from groundwater. This research aims to determine the groundwater direction and accumulation based on groundwater modeling using IDW, Kriging, Spline, and Minimum Curvature interpolation techniques. Result shows that Kriging interpolation technique has the highest validity then others with ME = 0.316833, RMSE = 10.68147, and R² = 0.88934. Groundwater modeling results also found that Kayuambon Village has two cone of depression are located in the central and northern of the village which known as concentration of groundwater flow. This study is expected to be a consideration for people and stakeholders to realize sustainable groundwater utilization.

Keywords: GIS, Groundwater Modelling, Interpolation Technique

ABSTRAK

Ketersediaan air bersih saat ini menjadi masalah yang memerlukan perhatian serius dari berbagai pihak. Urbanisasi di Desa Kayuambon menyebabkan wilayah ini mengalami lonjakan populasi yang pesat dan memerlukan ketersediaan air guna menunjang kebutuhan penduduk salah satunya berasal dari air tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arah dan akumulasi air tanah melalui *groundwater modelling* berbasis SIG menggunakan teknik interpolasi *IDW, Kriging, Spline*, dan *Minimum Curvature*. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknik interpolasi *Kriging* memiliki validitas tertinggi dengan ME = 0.316833, RMSE = 10.68147, dan R² = 0.88934. Dari hasil pemodelan air tanah ditemukan bahwa Desa Kayuambon memiliki dua *cone of depression* yang berada di bagian tengah dan utara desa sebagai zona konsentrasi aliran air tanah. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi pertimbangan bagi masyarakat dan pihak terkait dalam melakukan kegiatan pemanfaatan air tanah secara berkelanjutan.

Kata Kunci: GIS, Groundwater Modelling, Interpolation Technique

PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk berimplikasi terhadap kebutuhan air bersih yang semakin meningkat baik secara kuantitas maupun kualitas untuk berbagai aktivitas manusia seperti rumah tangga, pertanian, dan industri (UNESCO, 2005). Ketersediaan sumber daya air di daratan, sebagian besar berada di bawah

permukaan tanah yang dikenal sebagai air tanah (Winter dkk., 1998; Saldanella dkk., 2015). Potensi air tanah di suatu wilayah dipengaruhi oleh dimensi akuifer, karakteristik hidrolika, iklim, topografi, kondisi geologis dan geomorfologis, serta kondisi penutup lahan (Anugrahadi dkk., 2017).

Distribusi air tanah dapat diketahui melalui pemetaan pemodelan air tanah atau *groundwater modelling*. Pemodelan air tanah berguna untuk memahami sistem air tanah, pengelolaan sumber air tanah, dan perencanaan pemenuhan air (Kresic, 2007). Pemodelan air tanah dilakukan menggunakan persamaan matematis yang mewakili *real world* sistem hidrogeologis (Kumar, 2015; Qiu dkk., 2015). Teknik pemodelan air tanah dikelompokkan menjadi tiga kategori yakni fisik, analog, dan matematis (Baalousha, 2011). Dalam penelitian ini, pemodelan air tanah dilakukan berdasarkan metode matematis melalui teknik interpolasi guna mengetahui keberadaan cekungan air tanah (*cone of depression*). Setiap teknik interpolasi akan menghasilkan informasi yang berbeda, namun mengarah kecenderungan sama (Pramono, 2008).

Tonkin dan Larson (2001) mengungkapkan bahwa teknik interpolasi *Kriging* dalam pemodelan air tanah memberikan informasi korelasi tinggi muka air tanah dengan konduktivitas hidrolis. Studi komparasi berbagai teknik interpolasi dalam memodelkan tinggi muka air tanah menunjukkan bahwa teknik interpolasi *Simple Kriging* memiliki validitas tertinggi (Xiaou dkk., 2016). Hasil berbeda ditunjukkan oleh penelitian Charoenpong dkk. (2012), dimana teknik interpolasi *IDW* memiliki akurasi lebih tinggi daripada teknik interpolasi *Kriging* dan *Spline*.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung menggunakan teknik interpolasi deterministik, penelitian ini berusaha mengkomparasikan empat jenis teknik interpolasi *IDW*, *Kriging*, *Spline*, dan *Minimum Curvature* dalam pemodelan air tanah yang akan divalidasi secara geostatistik. Selain itu, penelitian ini juga berusaha mengkaji distribusi aliran air tanah dan *cone of depression* menggunakan

sistem informasi geografis di Desa Kayuambon. Melalui penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi bagi seluruh *stakeholder* dan masyarakat dalam melakukan eksploitasi air tanah secara berkelanjutan.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Kayuambon, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat yang secara geografis berada pada koordinat 107° 37' 7,02" E - 107° 38' 35,94" E dan 6° 49' 39,55 S - 6° 48' 35,14" S (lihat gambar 1). Berada pada elevasi 1199 mdpl, wilayah ini memiliki formasi batuan berupa *tuff* dan andesit dengan kondisi topografis yang datar hingga curam (Silitonga, 1973). Desa Kayuambon termasuk ke dalam Sub DAS Cikapundung Hulu dengan curah hujan rata-rata tahunan mencapai 1709,1 mm/tahun dan suhu udara rata-rata mencapai 23,11 ° C, sedangkan dari segi penggunaan lahan didominasi oleh lahan terbangun seperti pemukiman (BPS Kab. Bandung Barat, 2016).

Akuisisi Data dan Metode Analisis

Dalam penelitian ini, sampel air tanah diperoleh beberapa sumur yang tersebar di Kayuambon dengan parameter berupa elevasi, kedalaman sumur, diameter sumur, serta tinggi muka air pada November 2017. Data koordinat, dan tinggi muka air sumur diperlukan untuk analisis interpolasi menggunakan *ArcGIS* dengan teknik interpolasi *Kriging*, *Spline*, *Minimum Curvature*, dan *IDW* (Gambar 1).

Hasil analisis interpolasi dapat memberikan validasi arah aliran (*flownet*) dan *cone of depression* air tanah (Kresic, 2007). Nilai interpolasi dari berbagai teknik tersebut akan dianalisis menggunakan parameter *Mean Error*, *RMSE*, dan R^2 . Dalam analisis geostatistik tingkat validitas ditunjukkan oleh nilai

Mean Error dan RMSE yang kecil, serta nilai R² yang tinggi (Sarangi dkk., 2005; Xiao dkk., 2016).

Teknik Interpolasi Muka Air Tanah

Inverse Distance Weight (IDW)

Teknik interpolasi ini mengasumsikan setiap plot mempunyai pengaruh yang bersifat lokal dan nilai plot tersebut akan semakin berkurang terhadap jarak (Pasaribu dan Haryani, 2012). Jarak yang dimaksud disini adalah jarak (datar) dari titik data (sampel) terhadap blok yang akan diestimasi. Teknik interpolasi IDW dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$u(x) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i(x) u_i}{\sum_{i=1}^N w_i(x)} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

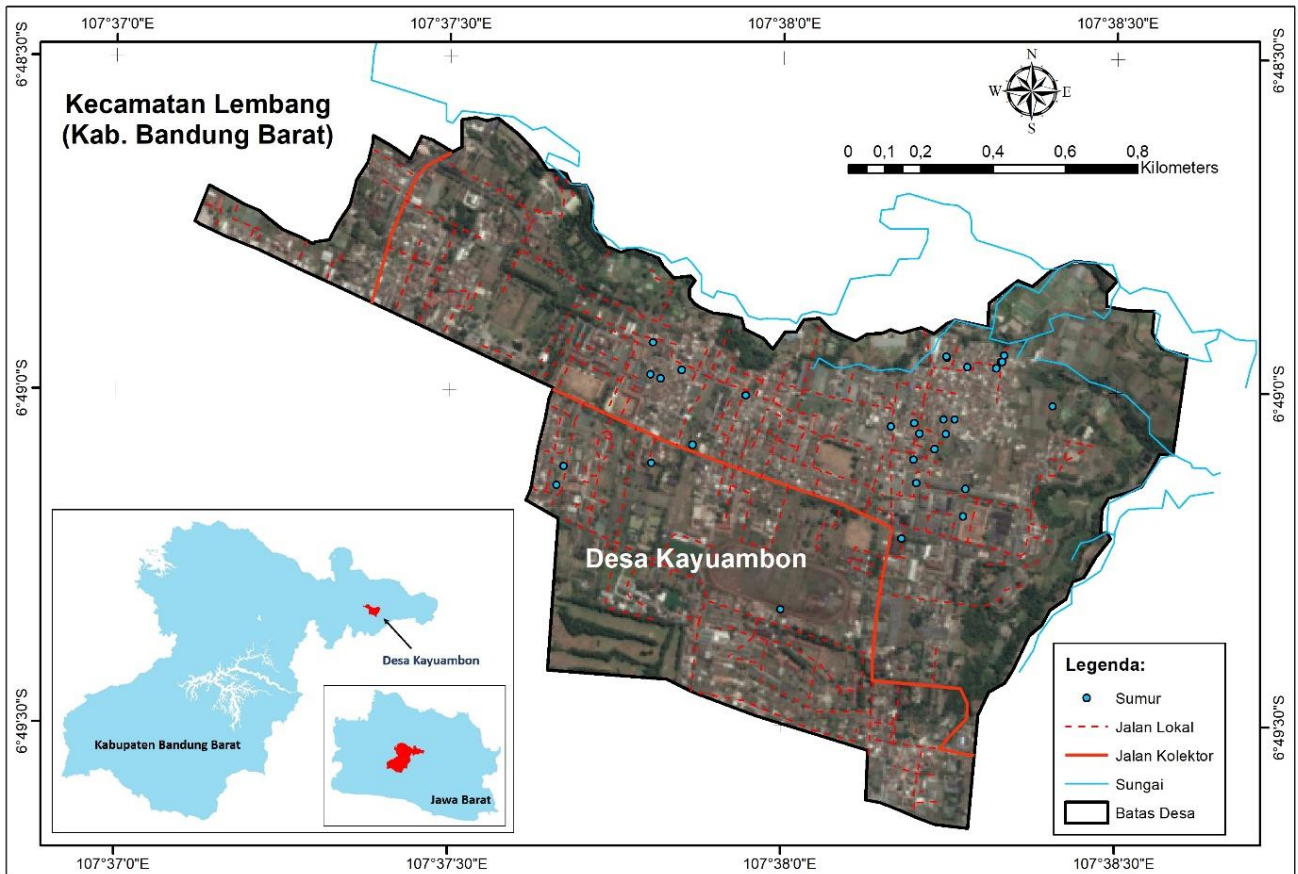
$$w_i(x) = \frac{1}{d(x, x_i)^p} \quad \text{(Persamaan 2)}$$

Dimana U merupakan nilai yang diestimasi dengan Wi sebagai nilai pada titik I. Xi merupakan titik yang diketahui nilainya, sedangkan d dan p merupakan jarak antar titik; daya pengaruh.

Spline

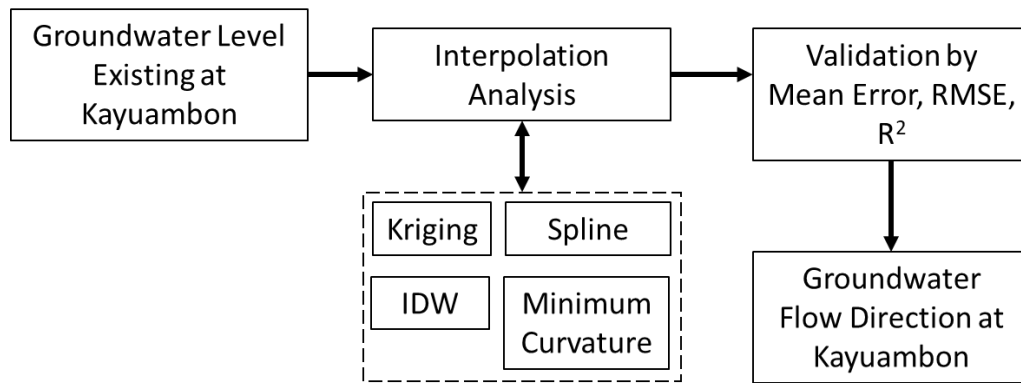
Teknik interpolasi *Spline* merupakan metode yang cukup baik untuk mengestimasi nilai yang tidak terdapat pada sampel data. Pada teknik spline, model permukaan yang dihasilkan akan tepat melewati titik-titik sampel. Teknik ini merupakan teknik interpolasi yang cukup akurat walaupun data yang digunakan hanya sedikit (Kresic, 2007). Teknik interpolasi *Spline* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$S(x,y) = T(x,y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j) \quad \text{(Persamaan 3)}$$



Sumber: Hasil Analisis, 2018

Gambar 1. Lokasi Penelitian



Sumber: Hasil Analisis, 2018

Gambar 2. Alur Penelitian

Dimana S merupakan nilai untuk lokasi yang diestimasi dengan λ_j sebagai koefisien persamaan linear dan r_j adalah Jarak dari titik (x,y) ke titik j^{th} . Sedangkan $T(x,y)$ dan $R(r)$ didefinisikan secara berbeda berdasarkan cara seleksi baik itu *regularized spline* maupun *tension spline*.

Kriging

Teknik interpolasi *Kriging* dapat digolongkan dalam interpolasi *stochastic* yang menawarkan penilaian secara prediktif, karena mengasumsikan nilai kesalahan secara *random*. Teknik ini digunakan untuk mengestimasi nilai z pada titik yang tidak tersampel berdasarkan informasi dari karakteristik nilai z tersampel yang berada pada wilayah sekitarnya. Selain itu, teknik ini juga mempertimbangkan korelasi spasial antar data menggunakan semivariogram (Sun *et. al*, 2009, Hadi, 2013). Semivariogram *Kriging* dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$y(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \{Z(x_i) - Z(x_i + h)\}^2 \quad \text{(Persamaan 4)}$$

Keterangan:

- y = nilai yang diestimasi
- Z = nilai merupakan nilai pada titik x ke- i
- h = merupakan jarak.

Minimum Curvature

Teknik ini dapat dianalogikan sebagai bidang elastis yang disebarakan ke seluruh titik data, sehingga hanya sedikit lekukan yang terjadi. *Minimum Curvature* memberikan hasil interpolasi yang lebih halus, sehingga tergolong interpolator non-eksak (Keckler, 1994; Dressler, 2009). Kelemahan teknik ini adalah kecenderungan mengekstrapolasikan nilai di daerah yang tidak ada datanya. Teknik interpolasi minimum curvature dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut.

$$\text{North} = \frac{MD}{2} \quad \text{(Persamaan 5)}$$

$$[\sin(I_1) \times \cos(A_1) + \sin(I_2) \times \cos(A_2)] \text{RF} \quad \text{(Persamaan 6)}$$

$$\text{East} = \frac{MD}{2} \quad \text{(Persamaan 7)}$$

$$[\sin(I_1) \times \cos(A_1) + \sin(I_2) \times \cos(A_2)] \text{RF} \quad \text{(Persamaan 7)}$$

$$\text{TVD} = \frac{MD}{2} [\cos(I_1) + \cos(I_2)] \text{RF} \quad \text{(Persamaan 8)}$$

$$\beta = \cos^{-1}[\cos(I_2 - I_1) - (\sin(I_1) \times \sin(I_2) \times (1 - \cos(A_2 - A_1)))] \quad \text{(Persamaan 8)}$$

$$\text{RF} = \frac{2}{\beta} \times \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad \text{(Persamaan 9)}$$

Keterangan:

- MD = *Measured Depth* yang diperoleh dari hasil survei
- TVD = *True Vertical Depth*
- RF = rasio factor
- β = *dog leg angle*
- I_1 maupun I_2 = sudut inklinasi atas dan bawah,

HASIL DAN PEMBAHASAN

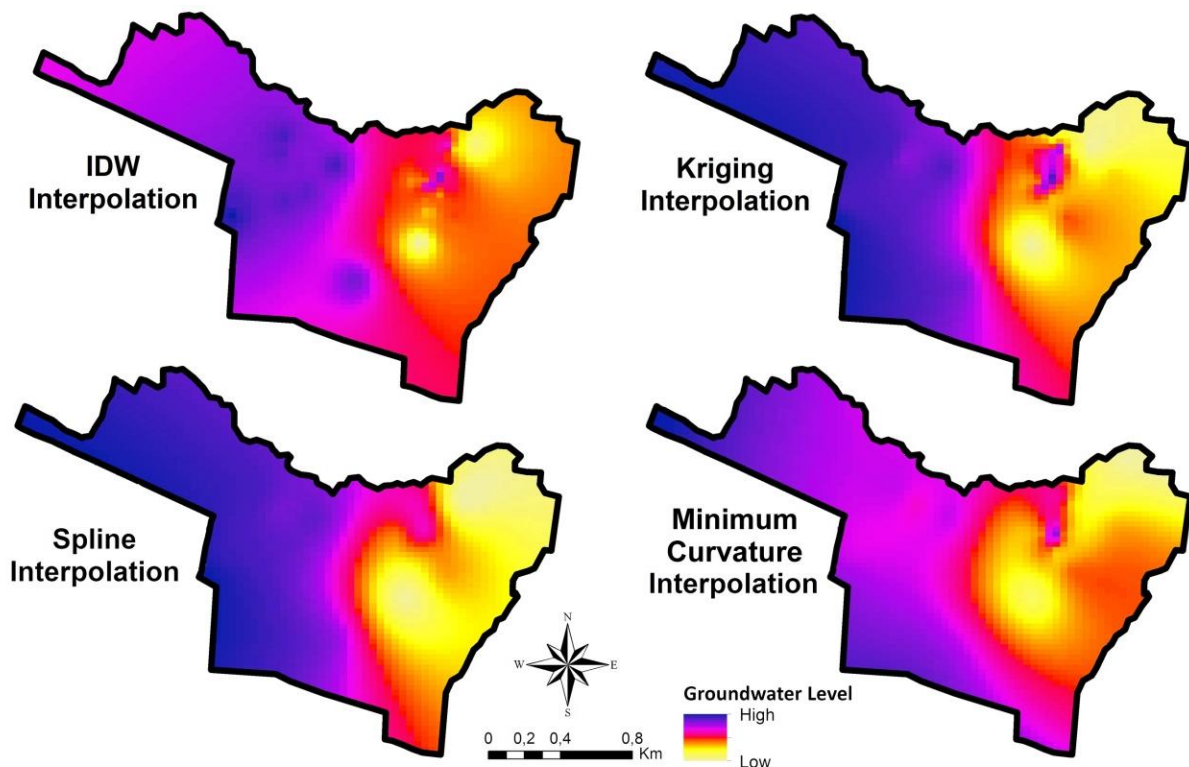
Pemodelan Air Tanah

Penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 30 sumur yang tersebar di Desa Kayuambon untuk mensimulasikan ketinggian dan akumulasi air tanah. Validasi pemodelan air tanah dilakukan secara silang antar teknik interpolasi, dimana teknik interpolasi dengan nilai *error* terendah dan korelasi tertinggi merupakan yang terbaik, perbandingan tiap parameter untuk setiap metode interpolasi (tabel 1).

Hasil dari validasi pengamatan tinggi muka air eksisting dengan pemodelan, secara berurutan didapatkan bahwa nilai *Mean Error* (ME) $IDW < Kriging < Minimum\ Curvature < Spline$. Sedangkan *Root Mean Square Error* (RMSE) diperoleh $Kriging < IDW < Minimum$

$Curvature < Spline$, dan koefisien determinan R^2 ditunjukkan bahwa nilai $Kriging > IDW > Minimum\ Curvature > Spline$. Dari ke tiga variabel ditunjukkan bahwa teknik interpolasi *Kriging* memiliki tingkat validitas yang tinggi dibandingkan metode yang lain. Sementara itu, teknik interpolasi *Spline* memiliki tingkat validitas terendah.

Tinggi muka air tanah semakin turun ke arah timur, walaupun terdapat sedikit perbedaan secara minor (gambar 3). Perbedaan hasil tersebut disebabkan masing-masing teknik interpolasi memiliki cara kerja yang berbeda, baik itu secara eksak dan non-eksak (Wang dkk., 2014). *Kriging*, *IDW*, dan *Spline* merupakan teknik interpolasi eksak, sedangkan *Minimum Curvature* merupakan teknik interpolasi non-eksak.



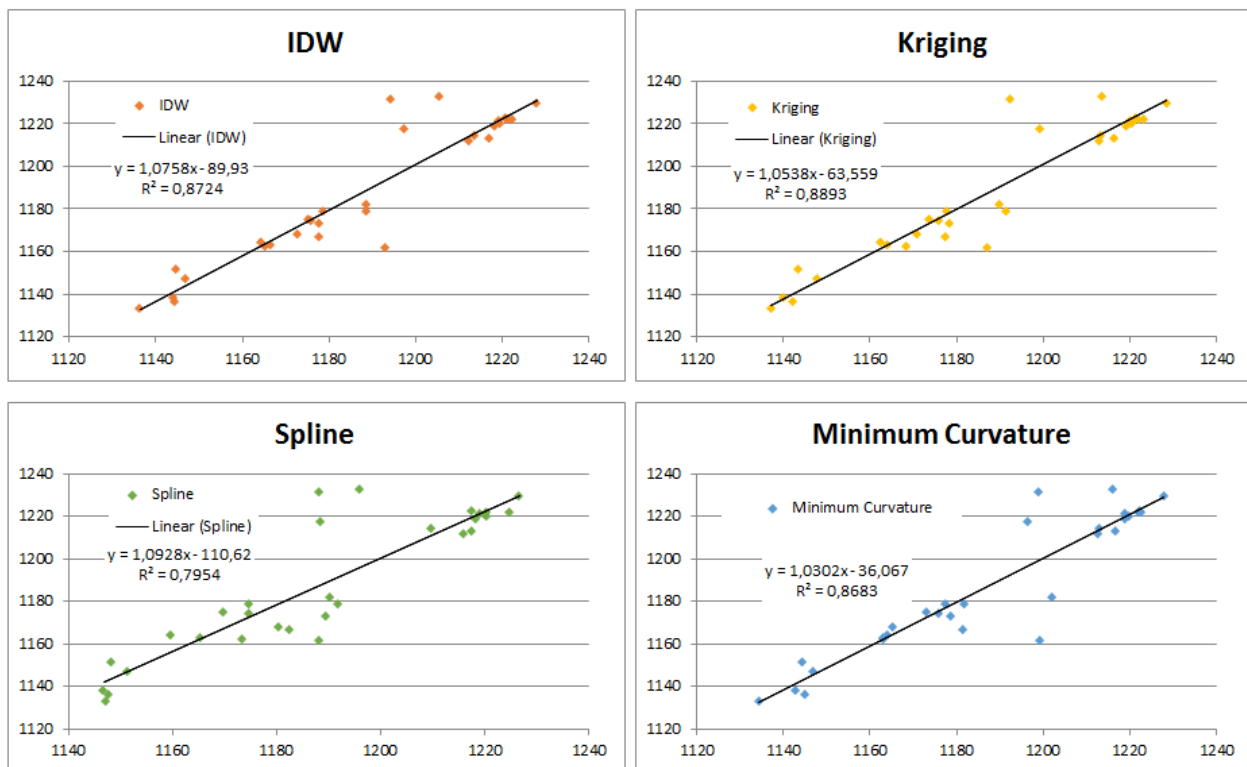
Sumber: Hasil Analisis, 2018

Gambar 3. Interpolasi Air Tanah di Desa Kayuambon

Tabel 1. Nilai *Mean Error*, *RMSE* and R^2

Parameter	Teknik Interpolasi			
	<i>IDW</i>	<i>Kriging</i>	<i>Spline</i>	<i>Minimum Curvature</i>
ME	0.065433	0.316833	-0.3372	-0,19593
RMSE	11.53623	10.68147	14.57093	11.56109
R^2	0.872433	0.88934	0.795431	0.868317

Sumber: Hasil Analisis, 2018



Sumber: Hasil Analisis, 2018

Gambar 4. R^2 and Formula Teknik Interpolasi

Teknik interpolasi *Kriging*, *IDW*, dan *Spline* mampu melakukan generalisasi nilai walaupun terdapat data lokasi yang tidak diketahui nilainya. Hal ini berbeda dengan teknik interpolasi *Minimum Curvature* yang hanya mampu memprediksi nilai dari data lokasi yang telah diketahui nilainya (Bourgoyne dkk., 2016).

Air Tanah di Desa Kayuambon

Tinggi muka air tanah hasil pemodelan memiliki rentang nilai minimum dan maksimum yang berbeda, secara berurutan rentang nilai dari keempat teknik interpolasi yakni 1136.497 - 1228.145 mdpl (*IDW*), 1146.624 - 1226.73

mdpl (*Kriging*), 1137.202 - 1228.439 mdpl (*Spline*), dan 1134.3 - 1227.881 mdpl (*Minimum Curvature*). Teknik interpolasi *Spline* dan *Kriging* memiliki nilai maksimum muka air tanah yang lebih tinggi. Sedangkan teknik interpolasi *IDW* dan *Minimum Curvature* memiliki nilai minimum air tanah yang lebih rendah.

Di sisi lain, nilai koefisien determinasi antar teknik interpolasi menunjukkan bahwa teknik interpolasi *Kriging* memiliki akurasi yang paling baik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Dengan demikian, teknik interpolasi *Kriging* layak untuk memprediksi tinggi muka air tanah di Desa Kayuambon. Berdasarkan gambar 4 diketahui juga

bahwa nilai R^2 teknik interpolasi eksak tidak selalu lebih baik bila dibandingkan dengan non-eksak.

Aliran Air Tanah dan Cone of Depression

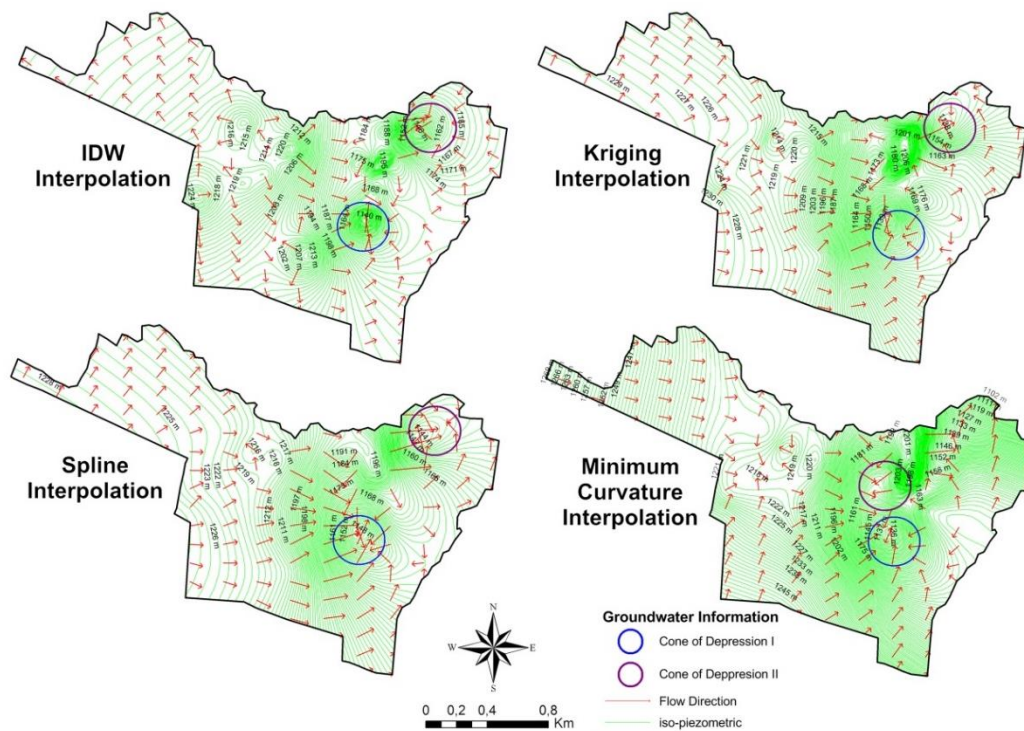
Jaringan aliran air tanah (*flownet*) yang dibuat dengan menggunakan teknik interpolasi *IDW*, *Kriging*, *Spline*, dan *Minimum Curvature* (Gambar 5). Arah aliran tersebut dibuat secara tegak lurus dari tiap-tiap garis iso-piezometrik atau kontur air tanah hingga mencapai kontur terendah sebagai pusat akumulasi air tanah (*cone of depression*) dengan interval 1 meter. Pada setiap *cone of depression* nampak garis-garis aliran air menuju pada lokasi yang sama, hal ini menandakan bahwa air tanah dapat berkumpul di lokasi tersebut (Rhonda, 1995).

Arah aliran air tanah digambarkan dengan tanda panah berwarna merah, sedangkan cekungan air tanah (*cone of depression*) digambarkan dengan simbol lingkaran berwarna biru (*cone of depression 1*) dan ungu (*cone of depression 2*), serta garis iso-piezometrik digambarkan

dengan warna hijau. Pada teknik interpolasi *IDW*, *Kriging*, *Spline*, dan *Minimum Curvature* pusat cekungan air tanah terdapat pada 2 (dua) lokasi. Keempat teknik interpolasi menunjukkan bahwa terdapat kesamaan lokasi *cone of depression I* maupun konsentrasi aliran air tanah. Namun pada *cone of depression II*, setiap metode menunjukkan lokasi yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena perbedaan karekteristik teknik interpolasi yang digunakan (Yao dkk., 2013). *Cone of depression II* berada di sebelah utara desa dan berdekatan dengan aliran sungai (gambar 5 dan gambar 1). Keberadaan *cone of depression* menandakan tingginya tingkat pengambilan air tanah oleh masyarakat (HWE, 2009).

SIMPULAN

Hasil pemodelan ini menunjukkan bahwa setiap teknik interpolasi memiliki keunggulan dan kelemahan, hal ini dapat dilihat dari nilai *Mean Error* (ME), *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Coeffisien of*



Sumber: Hasil Analisis, 2018

Gambar 5. Arah Aliran Air Tanah dan *Cone of Depression* di Desa Kayuambon

Determinant (R^2). Dalam pemodelan air tanah di Desa Kayuambon, teknik interpolasi *Kriging* memiliki tingkat validitas tertinggi, sedangkan *Spline* merupakan teknik interpolasi dengan tingkat validitas terendah. Selanjutnya, arah aliran air tanah dibuat secara tegak lurus dengan iso-piezometrik (kontur) menggunakan ArcGIS, sehingga diketahui arah air tanah di Desa Kayuambon yang terakumulasi pada dua lokasi.

REKOMENDASI

Penelitian mengenai pemodelan air tanah dapat dilakukan dengan lebih baik bila pengambilan data dapat dilakukan dengan metode lain, misalnya geo-listrik. Selain itu, pemodelan air tanah yang bersifat korelatif dengan berbagai faktor lingkungan dapat dilakukan sebagai upaya dalam pengelolaan sumber daya air dan lahan, seperti perencanaan pemenuhan kebutuhan air baku, penetapan kawasan lindung, pengembangan drainase, dan mitigasi bencana hidro-meteorologis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrahadi, A., Purwadhi, F. S. H., dan Haryani, N. S. (2017). *Terapan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Geologi, Geomorfologi, dan Mitigas Bencana Beraspek Hidrometeorologi*. Jakarta: Universitas Trisakti Jakarta.
- Baalousha, H. (2008). "Fundamentals of Groundwater Modelling". on Konig, L. W. & Weiss, J. L. (eds.). *Groundwater: Modelling, Management and Contamination*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- BPS Kab. Bandung Barat. (2016). *Bandung Barat Regency in Figures*. Bandung: BPS Kab. Bandung Barat.
- Bourgoyne, A.T., dkk. (2016). *Applied Drilling Engineering*. Texas: Society of Petroleum Engineers, Inc.
- Charoenpong, S ., Suwanprasit, D. dan Thongchumnum, P. (2012). "Impacts of Interpolation Techniques on Groundwater Potential Modelling using GIS in Phuket Province, Thailand". *Proceeding the 33rd Asian Conference of Remote Sensing*, November 26th – 30th, 2013 at Pataya, Thailand, pp. 1 – 7.
- Dressler, M. (2009). *Art of Surface Interpolation*. Kunštát: Technical University of Liberec.
- Hadi, B. S. (2013). "Metode Interpolasi Spasial Dalam Studi Geografi (Ulasan Singkat dan Contoh Aplikasinya)". *Geomedia*, 11 (2): 235 – 252.
- HWE. (2009). *Groundwater Engineering*. Ramallah: Birzeit University & House and Water Environment Publication.
- Keckler, D. (1994). *Surfer for Windows: User Guide*. Colorado: Golden Software, Inc.
- Kresic, N. (2007). *Hydrogeology and Groundwater Modelling*. New York: CRC Press.
- Kumar, C. P. (2015). "Modelling of Groundwater Flow and Data Requirements". *International Journal of Modern Sciences and Engineering Technology*, 2 (2): 18 – 27.
- Pasaribu, J. M. dan Haryani, N. S. (2012). "Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM dengan Metode *Inverse Distance Weight* (IDW), *Natural Neighbor* dan *Spline*". Pusat

- Pemanfaatan Penginderaan Jauh, *Lapan*, 9 (2): 126 - 139.
- Pramono, G. H. (2008). "Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi". *Forum Geografi*, 22 (1): 97 - 110.
- Qiu, S., dkk. (2015). "Numerical Simulation of Groundwater Flow in a River Valley Basin in Jilin Urban Area, China". *Journal of Water*, 7 (10): 5768 - 5787.
- Rhonda, G. M. (1995). *Groundwater Modelling Calculation for the Cone of Depression*. Retrieved at <http://math.clemson.edu/~warner/ground.pdf>. Accessed on Feb 17th, 2018.
- Saldanela, S., Sutikno, S., dan Hendri, A. (2015). "Pemetaan Pola Aliran Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kawasan Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru". *Jurnal Jom FTEKNIK*, 2 (1): 1 - 8.
- Sarangi, A., Cox, A., dan Madramootoo, C. A. (2005). "Geostatistical Methods for Prediction of Spatial Variability of Rainfall in a Mountainous Region". *Journal American Society of Agricultural Engineers*, 48 (3): 943 - 954.
- Silitonga, P. H. (1973). *Geologic Map of the Bandung Quadrangle*. Bandung: Geological Survey of Indonesia.
- Sun, Y., dkk. (2009). "Comparison of Interpolation Methods for Depth to Groundwater and its Temporal and Spatial Variations in the Minqin Oasis of Northwest China". *Journal of Environmental Modelling & Software*, 24 (10): 1163 - 1170.
- Tonkin, M. J. dan Larson, S. P. (2001). "Kriging Water Levels with a Regional-Linear and Point-Logarithmic Drift". *Journal of Groundwater*, 4 (2): 185 - 193.
- UNESCO. (2005). *Groundwater Resource Issues, Problems, and Recommendations*. Tersedia di <https://srbc.net/programs/docs/GWMngtPlanJune2005/2.0%20%20Groundwater%20Resource%20Issues,%20Problems,%20and%20Recommendations.pdf>. Diakses pada 17 Februari 2018.
- Wang, S., dkk. (2014). "Comparison of Interpolation Methods for Estimating Spatial Distribution of Precipitation in Ontario, Canada". *International Journal of Meteorology*, 34: 3745 - 3751.
- Winter, T. C., dkk. (1998). *Ground Water and Surface Water: a Single Resource*. Denver: U.S. Government Printing Office.
- Xiao, Y., dkk. (2016). "Geostatistical Interpolation Model Selection Based on ArcGIS and Spatio-Temporal Variability Analysis of Groundwater Level in Piedmont Plains, Northwest China". *Journal SpringerPlus*, 5 (425): 2 - 15.
- Yao, X., dkk. (2013). "Comparison of Four Spatial Interpolation Methods for Estimating Soil Moisture in a Complex Terrain Catchment". *Journal PLoS ONE*, 8 (1): 1 - 13.