

Pemodelan Dan Perhitungan Volume Akuifer Dengan Menggunakan Metode Indikator Kriging Di Kec. Koto Tengah Dan Kec. Pauh Kota Padang

Hedsing Cressendo^{1*}, and Mulya Gusman^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

* hedsing.cressendo@gmail.com

**mgusman1974@yahoo.co.id

Abstract. Groundwater is a very useful resource for all living things on earth. Living things, especially humans, do various ways to meet the needs of water. Based on its existence in this world, water is something that is needed by humans. The conditions of the place of residence vary, not all regions have sufficient water resources, so there are certain areas that experience difficulties with water resources. Population growth in the city of Padang has resulted in the expansion of housing development which has led to an increase in water demand, which can lead to a decrease in groundwater levels due to excessive withdrawal. This study aims to model and calculate the volume of the aquifer layer at several points in the study location. Based on data from the results of the drill log test at several points in the district Koto Tengah and Pauh district area which will later be made in 3D modeling using SGeMS software and calculate the volume of the aquifer layer using the Kriging Indicator Method 3D modeling was obtained using the kriging indicator method in the Koto Tengah District area with the result of and aquifer volume of 2.531250m³ and 1.282.500m³ fo the Pauah District area.

Keywords: Groundwater, aquifer layer, drill log, SGeMS, Indikator Kriging.

1. Pendahuluan

Air tanah merupakan sumber daya yang sangat bermanfaat bagi semua makhluk hidup di muka bumi. Makhluk hidup khususnya manusia melakukan berbagai cara untuk memenuhi kebutuhan air. Berdasarkan keberadaannya di dunia ini, air merupakan sesuatu yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Kondisi tempat bermukim berbeda-beda, tidak semua daerah memiliki sumber daya air yang cukup, sehingga ada daerah-daerah tertentu yang mengalami kesulitan akan sumber daya air.

Pertumbuhan penduduk di Kota Padang telah mengakibatkan perluasan pembangunan perumahan yang menyebabkan peningkatan permintaan air, sehingga dapat mengakibatkan penurunan muka air tanah akibat penarikan berlebihan.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan menghitung volume lapisan *akuifer* di beberapa titik di lokasi penelitian. Berdasarkan dari data hasil pengujian *log bor* di beberapa titik di daerah Kec. Koto Tengah dan Kec. Pauh yang nantinya akan di buat pemodelan 3D dengan menggunakan *software SGeMS* serta menghitung volume lapisan *akuifer* dengan menggunakan Metode *Indikator Kriging*.

Indikator Kriging merupakan suatu metode interpolasi yang menghasilkan prediksi atau estimasi tak bias dan memiliki kesalahan minimum. Dengan menggunakan metode estimasi yang tidak membutuhkan asumsi normalitas data dan juga dapat digunakan untuk mengatasi data yang mempunyai outlier yang signifikan.

Dikarenakan metode *Indikator Kriging* ini didasarkan pada konsep probabilitas. Data diubah menjadi indikator bernilai nol (0) dan satu (1) relatif terhadap suatu kadar batas (diskriminator).

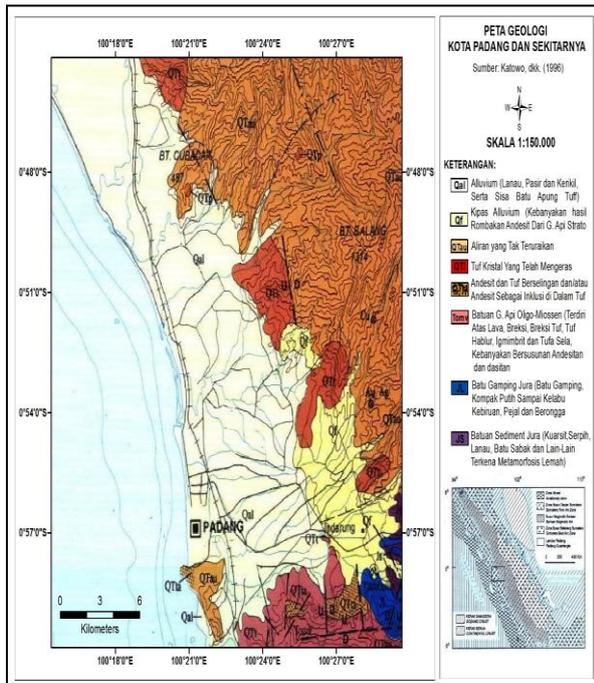
2. Lokasi Penelitian

Luas wilayah Kota Padang secara administratif adalah 694,96 km² Kota Padang diketahui terjadi penambahan luas administrasi menjadi 1.414,96 km², dimana penambahan wilayah lautan/perairan seluas 720,00 km². Secara geografis, Kota Padang berada di antara 00^o 44' 00'' LS - 1^o 08' 35'' LS dan 100^o 05' 05'' BT - 100^o 34' 09'' BT. Kota Padang yang membujur dari Utara ke Selatan memiliki pantai sepanjang 68,126 km

dan terdapat deretan Bukit Barisan, dengan panjang daerah bukit (termasuk sungai) 486,209 km².

2.1 Kondisi Geologi Kota Padang

Kondisi Geologi Kota Padang dan sekitarnya merupakan endapan dataran pantai Holosen yang berhadapan dengan endapan laut terbuka yang dibagian timur dibatasi oleh graben berupa patahan-patahan yang berarah hampir barat laut tenggara. Dicitrakan oleh endapan kuarter yang terdiri dari endapan pematang pantai, endapan *swamp*, dan endapan aluvial. Dataran tersebut terpisah oleh laut terbuka dan pematang pantai yang bagian belakangnya terbentuk rawa-rawa pantai sebagai endapan *swamp*. Gambaran geologi pesisir ini dicirikan oleh endapan pasir yang lepas, kerikil dengan ketidakmenerusan lapisan lanau dan lempung dan beberapa tempat jenuh air, dimana sebaran pematang pantai sisi barat laut lebih dominan yang ditafsirkan sebagai zona sumber endapannya.



Gambar 1. Peta Geologi Kota Padang

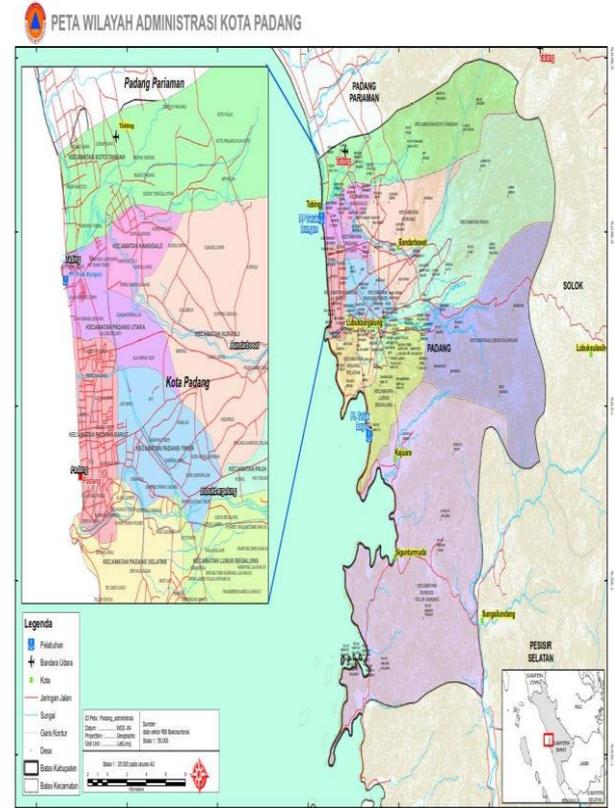
2.2. Topografi Kota Padang

Kota Padang memiliki topografi yang bervariasi terdiri dari perpaduan daratan yang landai dan perbukitan bergelombang yang curam. Sebagian besar topografi wilayah Kota Padang memiliki tingkat kelerengan lahan rata-rata > 40%. Wilayah Kota Padang yang berada dipantai barat Pulau Sumatra mempunyai topografi bervariasi perpaduan dataran rendah, perbukitan dan daerah aliran sungai.

Bagian utara Kota Padang merupakan daerah pantai, perbukitan dan sebagian daratan tinggi. Bagian barat Kota Padang terdiri dari daratan rendah yang landai dengan ketinggian rata-rata 0-25 meter di atas permukaan laut. Ke arah timur dan selatan topografi wilayah Kota Padang merupakan daerah perbukitan, bergelombang dan curam dengan ketinggian yang

bervariasi, dimana yang tertinggi mencapai 1.800 meter di atas permukaan laut pada kawasan yang berbatasan dengan Kabupaten Solok.

Kota Padang memiliki banyak sungai, yaitu 5 sungai besar dan 16 sungai kecil, dengan sungai terpanjang Batang Kandis yaitu sepanjang 20 km berada pada Kecamatan Koto Tangah.



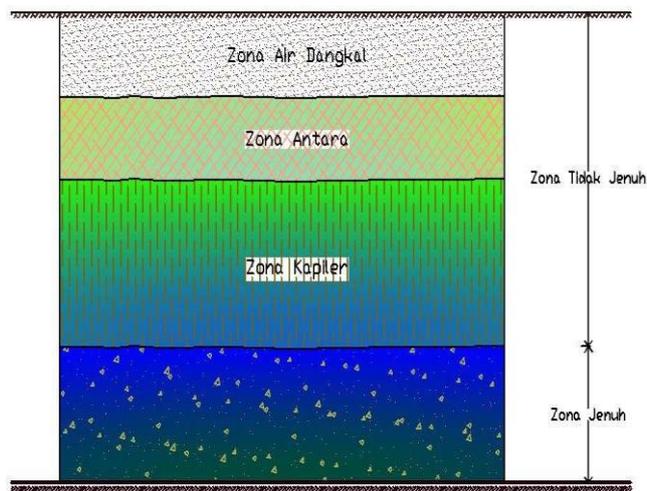
Gambar 2. Peta Administratif Kota Padang

3. Kajian Teori

3.1. Air Tanah

Air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi yang berlangsung di alam, serta terdapat dalam batuan yang berada di bawah permukaan tanah meliputi keterdapatannya, penyebaran dan pergerakannya air tanah dengan penekanan pada hubungannya terhadap kondisi geologi suatu daerah [7]. Air tanah adalah bagian air yang berada pada lapisan permukaan tanah. Kedalaman air tanah tidak sama ada setiap tempat tergantung pada tebal-tipisnya lapisan permukaan di atasnya dan kedudukan lapisan air tanah tersebut. Permukaan yang merupakan bagian atas dari tubuh air disebut permukaan preatik. Volume air yang meresap ke dalam tanah tergantung pada jenis lapisan batuan. Terdapat dua jenis lapisan dalam tanah yaitu lapisan kedap air (*impermeable*) dan lapisan tak kedap air (*permeable*). Selain lapisan kedap dan lapisan tak kedap juga terdapat lapisan peralihan yang merupakan variasi dari kedua jenis lapisan tersebut. Pada daerah yang letak air tanahnya lebih rendah dari permukaan air tanah pada daerah tangkapan hujannya, air akan memancar keluar dari sumur yang di bor atau biasa disebut sumur artesis.

Air artesis ini biasanya sangat penting bagi daerah yang kondisi tanahnya kering,



Gambar 3. Penyebaran Vertikal Air Tanah

3.1.1. Sifat Fisik dan Kimia Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H₂O yang berarti satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

3.1.2. Klasifikasi Air Tanah

Air tanah terdiri dari air tanah dangkal, air tanah dalam dan mata air. Air tanah dapat ditemukan pada akuifer dengan pergerakan yang lambat. Hal ini yang menyebabkan air tanah sulit untuk pulih jika terjadi pencemaran [1]. Air tanah terdiri dari air tanah dangkal, air tanah dalam dan mata air.

- a. Air tanah dangkal terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air dapat dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.
- b. Yaitu air yang terdapat dibawah lapisan kedap air (*aquifer*) pertama. Air tanah ini mempunyai sifat yang berlawanan dengan air tanah dangkal dimana fluktuasinya relative tidak terjadi (kecil). Kualitas air tidak tergantung pada kegiatan lingkungan diatasnya
- c. Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya kepermukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kuantitas dan

kualitas sama dengan air tanah dalam. Selain itu gaya gravitasi juga mempengaruhi aliran air tanah menuju ke laut. Tetapi dalam perjalanannya air tanah juga mengikuti lapisan geologi yang berkelok sesuai jalur akuifer dimana air tanah tersebut berada

Bila terjadi patahan geologi di dekat permukaan tanah, maka aliran air tanah dapat muncul pada permukaan bumi, pada tempat tertentu. Sebagai tumpahan air tanah alami yang pada umumnya berkualitas baik, mata air dijadikan pilihan sumber air bersih yang dicari-cari dan diperebutkan oleh penduduk kota [2].

3.2. Akuifer

Akuifer sendiri berasal dari kata *aqua* yang berarti air dan *ferre* yang berarti mengandung. Jadi akuifer dapat juga diartikan sebagai lapisan pembawa air atau lapisan permeable.

Menurut [15] batuan yang dapat berfungsi sebagai lapisan pembawa air terbaik adalah pasir, kerakal, dan kerikil. Sedangkan 90% dari akuifer terdiri dari batuan tidak terkonsolidasi, terutama kerikil dan pasir.

Jikaditinjau dari permeabilitas batumannya, lapisan pembawa air dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

- a. Lapisan permeabel (serapair) seperti kerikil, kerakal, dan pasir.
- b. Lapisan semi permeabel (semi menyerap air) seperti pasir argullasis, tanah los.
- c. Lapisankedapair, seperti batuan kristalin tanah liat.

3.2. Geostatistik

Geostatistik adalah ilmu yang mempelajari aplikasi dan teori mengenai variabel terregional (variabel berubah) pada berbagai fenomena gejala alam, terutama untuk menentukan volume bahan galian. Landasan dari pembelajaran geostatistik adalah "The Theory of Regionalised Variables", dimana data dari titik-titik sampel mempunyai korelasi satu sama lain sesuai dengan karakteristik penyebaran endapan mineral. Analisis dari geostatistik merupakan teknik geostatistik yang terfokus pada variabel spasial, yaitu hubungan antara variabel yang diukur pada titik tertentu dengan variabel yang sama pada titik dengan jarak tertentu dari titik pertama. Proses yang dilakukan dalam analisis geostatistik adalah meregister seluruh data, mengeksplorasi data, membuat model, melakukan dan membandingkan pemodelan.

Proses yang dilakukan dalam analisis geostatistik adalah meregister seluruh data, mengeksplorasi data, membuat model, melakukan dan membandingkan pemodelan. Analisis mendalam dan terintegrasi dengan geostatistik sangat diperlukan untuk dapat membuat model detail guna analisa fasies dan peta porositas yang bertujuan determinasi dan input pada model simulasi reservoir.

Geostatistik dapat digunakan pada bidang-bidang industri pertambangan juga perminyakan, lingkungan, meteorologi, geofisika, pertanian dan perikanan, kelautan, ilmu tanah, fisika media heterogen, teknik sipil, akuntansi, dan astrofisika.

3.3. Ordinary Kriging dan Indicator Kriging

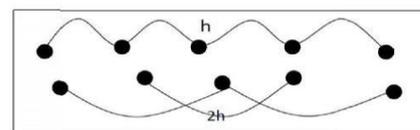
Kriging adalah suatu metoda geostatistik yang digunakan untuk menaksir besarnya nilai karakteristik pada titik lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data titik yang tersampel disekitarnya, dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut. Penggunaan metoda kriging dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap pertama menghitung nilai variogram atau semivariogram dan fungsi covarian. Metode *kriging* ini dilakukan untuk menaksir tebal blok yang dilakukan berdasarkan nilai semi variogram, jarak pengaruh dan jarak setiap titik yang akan ditafsir nilainya atau tebalnya. Perhitungan dengan metode *kriging* ini dilakukan dengan menggunakan *software SGEMS*. langkah-langkah dalam tahapan analisis data dengan *SGEMS* ini antara lain :

- a. Analisis Statistik Univariate
 Statistik univarian merupakan metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antar masing-masing data dari suatu populasi tanpa memperhatikan lokasi dari data-data tersebut. Hasil dari statistik ini pada umumnya direpresentasikan dalam bentuk tabel frekuensi atau histogram.
- b. Analisis Statistik Bivarian
 Statistik bivarian adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan dari 2 kumpulan data atau variabel populasi yang berbeda yang terletak pada lokasi yang sama berupa grafik *scatterplot*.
- c. Analisis Statistik Spasial
 Analisis spasial (ruang) merupakan analisis yang dilakukan terhadap data yang disajikan dalam posisi geografis (titik, garis dan luasan) dari suatu objek, berkaitan dengan lokasi, bentuk dan hubungan diantaranya dalam ruang bumi.

Parameter untuk melakukan analisis spasial yaitu variogram atau semivariogram. Analisis spasial yang dilakukan menggunakan aplikasi *Stanford Geostatistical Modeling Software (SGEMS)* yang diawali dengan penentuan parameter penyusun dari variogram eksperimental baik secara horizontal dan vertikal kemudian digabungkan menjadi variogram eksperimental gabungan yang selanjutnya dengan variogram model dilakukan pencocokan data (fitting variogram).

a. Variogram Eksperimental

Variogram eksperimental dibuat berdasarkan pengukuran korelasi spasial antara 2 (dua) contoh data yang dipisahkan dengan jarak tertentu sebesar *h*. Data tersebut dapat berupa data kadar, ketebalan, ketinggian topografi, porositas, dan permeabilitas. Pencarian pasangan data dalam variogram dapat diilustrasikan pada



Gambar 4. Pencarian Data Variogram Eksperimental

Variogram eksperimental (γ) merupakan perangkat dasar dari geostatistik yang digunakan untuk menggambarkan (visualisasi) memodelkan dan menjelaskan korelasi spasial antar titik data berupa variansi *error* pada lokasi (*s*) dan lokasi yang terpisah oleh jarak (*s+h*). Menurut Armstrong, 1998 bahwa semivariogram eksperimental dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(s_i) - Z(s_i + h)]^2 \quad (1)$$

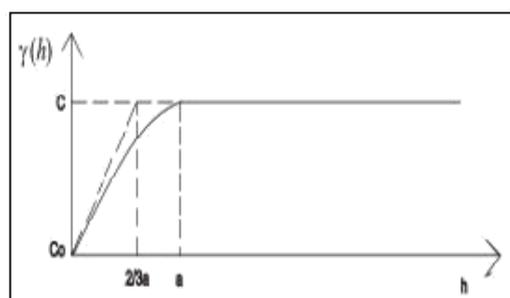
Keterangan:

- γ_h = Variogram eksperimental
- $N_{(h)}$ = Banyaknya pasangan titik yang mempunyai jarak *h*
- $Z(s_i)$ = Nilai data di titik *s*
- $Z(s_i+h)$ = Nilai data di titik (*s_i+h*)

Parameter variogram terdiri dari tiga parameter yang menjadi penentu dari tingkat keberhasilan dari analisis spasial. Korelasi spasial dikatakan baik jika nilai *nugget effect* kecil, *sill* dan *range* besar dan sebaliknya jika nilai *nugget effect* besar sedangkan nilai *sill* dan *range* kecil, hal ini mengidentifikasi bahwa korelasi spasial antar data yang diamati tidak mewakili dari data secara keseluruhan sehingga perlu dilakukan pengambilan data tambahan yang lebih teliti dengan jumlah data yang banyak dan jarak antar data teratur dan dekat.

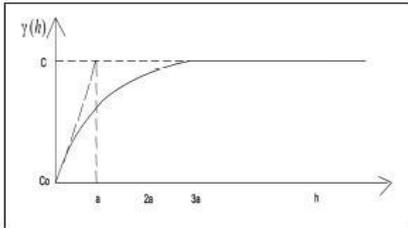
b. Variogram Model

Model *spherical* adalah model yang paling sering digunakan dalam variogram. Model ini akan berbentuk linier pada jarak kecil yang dekat dengan pusat, tetapi meluruskan untuk jarak yang besar, dan memberikan *sill* di *a*. Variogram dari model *spherical* dapat dilihat :



Gambar 5. Variogram Model Spherical.

Model transisi lain yang biasa digunakan adalah model *eksponensial* yang memberikan sill asmtotik. Seperti model *spherical*, model *eksponensial* berbentuk linier untuk semua jarak pendek yang dekat dengan pusatnya. Variogram dari model *eksponensial* dapat dilihat pada



Gambar 6. Variogram Model Eksponensial

3.5 Fitting Variogram

Metode yang umum digunakan dalam melakukan *fitting* variogram ada 2 (dua), yaitu: metode visual dan metode *least square*. Berikut ini adalah beberapa pedoman penting dalam melakukan *fitting* variogram :

1. Variogram yang mempunyai pasangan conto yang sangat sedikit agar diabaikan.
2. *Nugget variance* (Co) didapat dari perpotongan garistangensial dari beberapa titik pertama variogram dengan sumbu Y.
3. *Sill* (Co+C) kira-kira sama dengan atau mendekativarians populasi. Garis tangensial di atas akan memotong garis sill pada jarak $2/3$ *range* (a), sehingga selanjutnya dapat dihitung harga *range*
4. Interpretasi *nugget variance* untuk variogram dengan sudut toleransi 180° (variogram rata-rata) akan sangat membantu untuk memperkirakan besarnya *nugget variance*.
5. *Nugget variance* diambil dari *multiple variogram* (dalam berbagai arah). Dalam *multiple variogram*, *best spherical line* sebaiknya lebih mendekativariogram yang mempunyai pasangan contoh yang cukup.

Kriging merupakan suatu teknik estimasi lokal yang memberikan harga estimasi dalam keadaan tidak bias. *Kriging* disebut juga sebagai *Best Linear Unbiased Estimator (BLUE)*. Estimasi pada variabel tunggal biasadilakukan dengan *Ordinary Kriging (OK)*. Pada *Ordinary kriging* hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- a. Nilai Estimasi Variabel Blok
 Nilai estimasi variabel dari masing – masing blok dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i \tag{2}$$

- b. Bobot *i* dihitung dengan persamaan kriging berikut:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \gamma(v, v) + \mu = \gamma(v, V) \text{ dengan } \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \tag{3}$$

- c. Varians kriging dapat dinyatakan dengan persamaan sabagai berikut :

$$\sigma_k^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \gamma(v, V) - \gamma(V, V) + \mu \tag{4}$$

Keterangan:

Z^* = Nilai taksiran kadar

Z_i = Nilai kadar yang dibobot

$Y(v, v)$ = Nilai rata – rata (*h*) jika salah satu ujung vektor *h* menunjukkan domain $v(x)$ dan ujung lainnya menunjukkan domain $v(x)$ juga.

$Y(v, V)$: Nilai rata – rata (*h*) jika salah satu ujung vektor *h* menunjukkan domain $V(x)$ dan ujung lainnya menunjukkan domain $v(x)$.

$Y(V, V)$: Nilai rata – rata (*h*) jika salah satu ujung vektor *h* menunjukkan domain $V(x)$ dan ujung lainnya menunjukkan domain $V(x)$ juga.

Metode lain yang sering digunakan adalah penghalusan data menggunakan cara transformasi, misalnya *normal-score*, *natural logarithms*. Bentuk akhir transformasi data adalah data non-linier sehingga dalam penyelesaian memerlukan metode penaksiran non linier.

Metode penaksiran *IK* tidak menggunakan asumsi distribusi normal (bebas), dan tetap memperhitungkan *outlier* (kadar-kadar yang tinggi), sehingga dapat diterapkan untuk penaksiran bahan galian dengan kadar yang tidak merata dengan histogram yang sangat tidak simetri. Metode *IK* ini didasarkan pada konsep probabilitas.

Data diubah menjadi indikator bernilai nol (0) dan satu (1) relatif terhadap suatu kadar batas (diskriminator). Tujuan penaksiran *IK* adalah menaksir probabilitas pada berbagai kadar batas yang telah ditentukan. Sebuah indikator dapat dinyatakan dalam peubah berupa ya/tidak atau 1/0.

Nilai indikator rata-rata seperti proporsi material di atas kadar batas dapat ditaksir menggunakan beberapa metode interpolasi kadar dengan cara menentukan lebih dahulu kadar batas dan nilai-nilai indikator sampel (0 dan 1).

Pembobotan dengan metode penaksiran kriging tidak hanya tergantung pada jarak sampel atau blok tetapi juga konfigurasi antar titik sampel serta kontinuitas spasial dari indikator-indikator tersebut yang dapat dikuantifikasikan melalui variogram indkator.

4. Metode Penelitian

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif yang mengacu kepada penelitian terapan. Teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif

/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan geostatistik, yaitu dengan metoda *kriging* dalam mengestimasi nilai dari sebuah titik atau blok sebagai kombinasi linier dari nilai contoh yang terdapat disekitar titik yang akan diestimasi ^[3]

4.2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah teknik observasi dan sebagian besar data yang dipakai adalah data sekunder yang didapatkan dari perusahaan. Urutan pengumpulan data yaitu :

- 1) Studi Literatur
Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, yang diperoleh dari instansi terkait (data perusahaan), perpustakaan (literatur) dan mempelajari laporan penelitian terdahulu.
- 2) Orientasi Lapangan
Dilakukan dengan melakukan peninjauan lapangan bersama para karyawan perusahaan dan operator untuk melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut.
- 3) Pengumpulan data dilakukan setelah mempelajari literatur dan melakukan orientasi lapangan. Data yang diambil dapat dikelompokkan menjadi:
 - a. Pengukuran data primer dilakukan dengan cara mengukur dan mengamati kondisi yang ada di lapangan. Pada penelitian ini peneliti tidak ada data primer yang diambil dilapangan selain dokumentasi.
 - b. Pada penelitian ini data sekunder yang didapatkan oleh peneliti ini berupa :
 - Peta Topografi dan Geologi Kota Padang.
 - Peta Geologi Kota Padang.
 - Data bor hasil eksplorasi yang terdiri dari data *collar* berupa nilai titik koordinat *x,y* dan *z* tempat dilakukan pemboran, data *assay* berupa nilai *depth_from*, *depth_to*, data *survey* berupa nilai *depth* (kedalaman lubang bor), nilai *dip* dan *azimuth* serta data *geology* yang menunjukkan zona (*lithology*) pada tiap kedalaman lubang bor.

4.3. Pengolahan Data

Semua data yang didapatkan selama penelitian diolah dengan melakukan perhitungan dan analisis yang kemudian selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik, gambar dan perhitungan dalam penyelesaian masalahnya. Dalam melakukan perhitungan pengolahan

data menggunakan metode *kriging* dilakukan sebagai berikut :

1. Input data *drillhole* sesuai dengan format pada *SGeMS*
2. Membuat pemodelan 3D
3. Pembuatan grid dilakukan berdasarkan pada nilai range *x,y,z*, jarak rata-rata antar lubang bor dan nilai titik koordinat minimum.
4. Analisis Statistik Spasial yang mencakup Variogram Eksperimental dan Variogram Model
5. Estimasi dengan metode *Indicator Kriging*
6. Menghitung volume *akuifer* setelah di *Kriging*

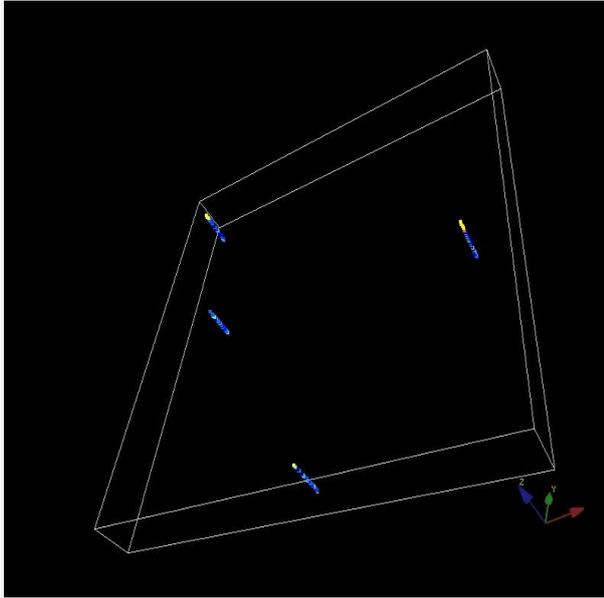
4.3. Teknik Analisis Data

Hasil analisa *estimasi* dengan metode *Indicator Kriging* diperoleh nilai yang mempresentasikan probabilitas lokasi yang masuk dalam kategori zona potensial dan non potensial beserta nilai *variansi errornya* ^[9]. Dengan menggunakan metode *indicator kriging* kita dapat mengetahui zona potensial yang mengandung lapisan *akuifer* serta zona yang tidak mengandung lapisan *akuifer*.

5. Hasil dan Pembahasan

5.1. Basis Data

Basis data menjadi dasar dalam proses estimasi sumberdaya yang dihasilkan dari kegiatan pemboran yang berisikan informasi tentang karakteristik dari endapan dan juga populasi endapan bawah permukaan. Basis data untuk penelitian ini terdiri dari data lubang bor berupa data koordinat, data stratigrafi dan lithologi Dimana data lubang bor ini akan digunakan sebagai data awal untuk melakukan estimasi *kriging*.

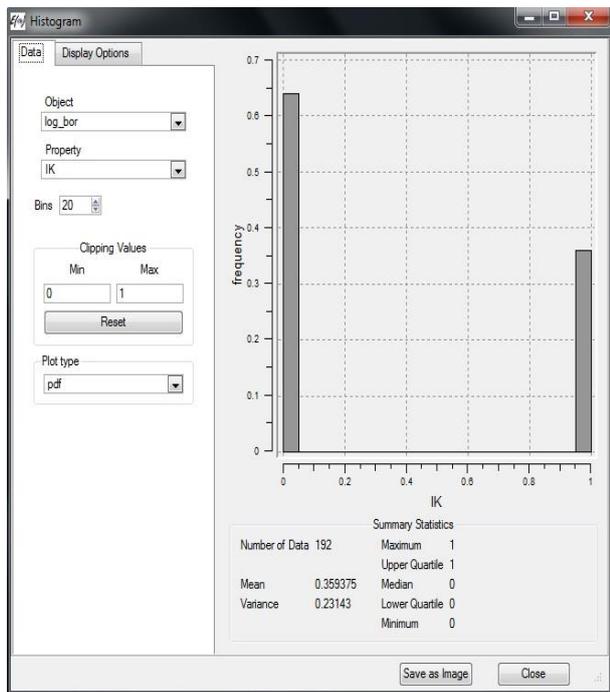


Gambar 11. Tampilan 3D SGeMS borhole Kec. Pauh

Perbedaan warna menunjukkan variasi ketebalan lapisan formasi tanah pada tiap lubang bor. Berada didalam grid yang dibuat berdasarkan area estimasi. Ukuran blok grid yang digunakan yaitu dimensi 30m x 30m x 1 meter, dengan ukuran area estimasi 600m x 900m x 50m.

5.3 Analisis Univarian

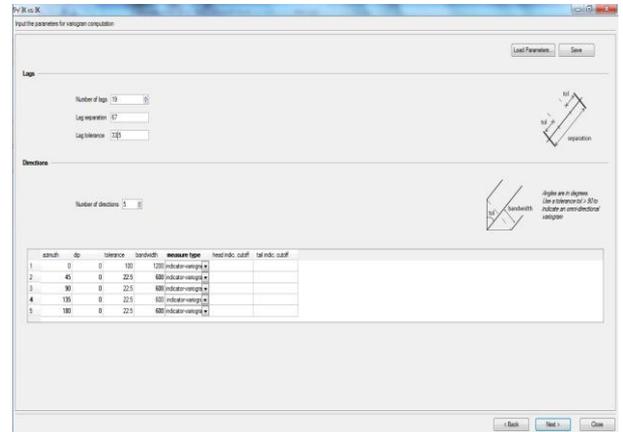
Hasil dari analisis univarian dapat berupa kurva histogram yang ditampilkan pada software SGeMS. Hasil analisa tersebut dapat berguna sebagai informasi awal untuk kegiatan pengolahan data tersebut.



Gambar 12. Analisis Univarian

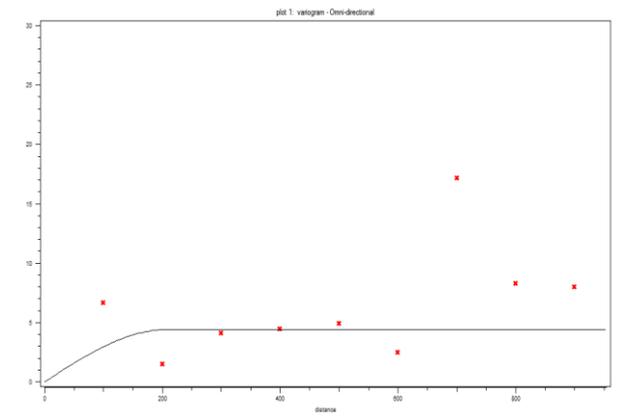
5.4 Variogram Eksperimental dan Fitting Variogram

Untuk menentukan variogram yang sesuai, maka perlu dibuat variogram eksperimental. Pembuatan variogram eksperimental dilakukan dengan menggunakan software SGeMS, dimana data yang digunakan merupakan data yang telah diimport pada proses sebelumnya.



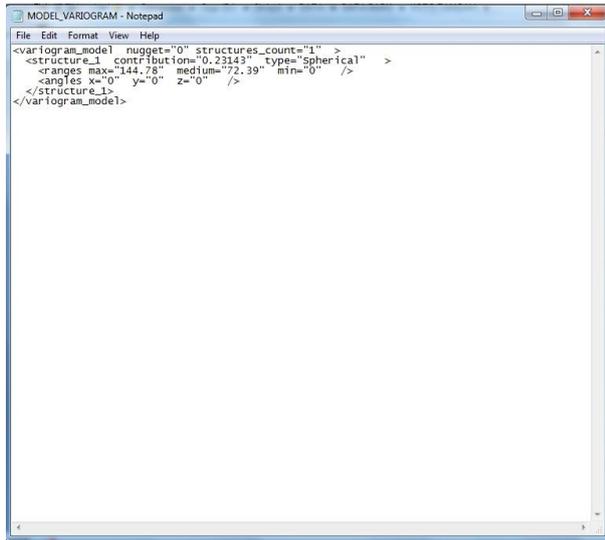
Gambar 13. Parameter Variogram Eksperimental

Berikut ini merupakan model dari variogram omnidirectional dengan nilai parameter eksperimentalnya azimuth = 0 °, dip = 0 °, tolerance = 90, dan bandwidth = 1000.



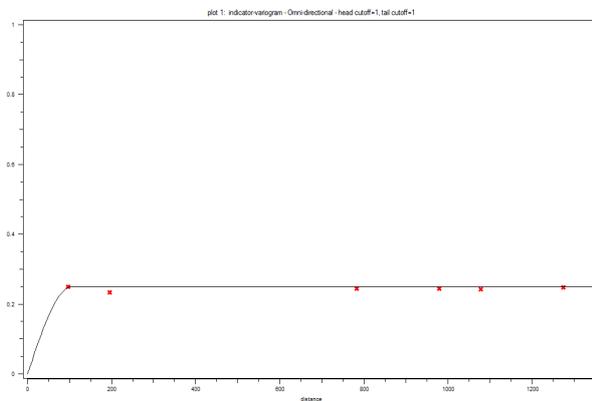
Gambar 14. Variogram Omnidirectional Daerah Kecamatan Koto Tangah

Kurva variogram segala arah (omnidirectional) pada Gambar 14 menggunakan model spherical dengan nugget effect = 0, sill = 4,4, dan range = 207 meter.



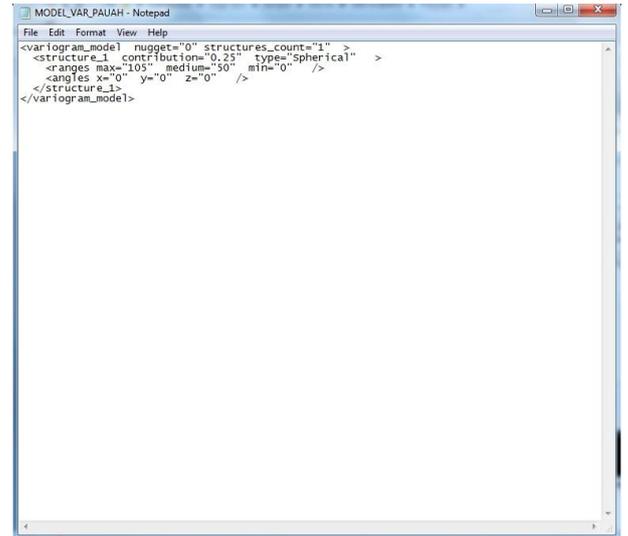
Gambar 15. Hasil Variogram Kecamatan Koto Tengah

Dari sini dapat kita lihat berapa nilai Range, nilai Medium, dan nilai Minimum dari hasil Variogram kita sebelum nya yang nanti akan digunakan untuk estimasi kriging.



Gambar 16. Variogram *Omnidirectional Daerah Kecamatan Pauh*

Kurva variogram segala arah (*omnidirectional*) pada Gambar 15 menggunakan model *spherical* dengan *nugget effect* = 0, *sill* = 4,4, dan *range* = 3.3 meter.

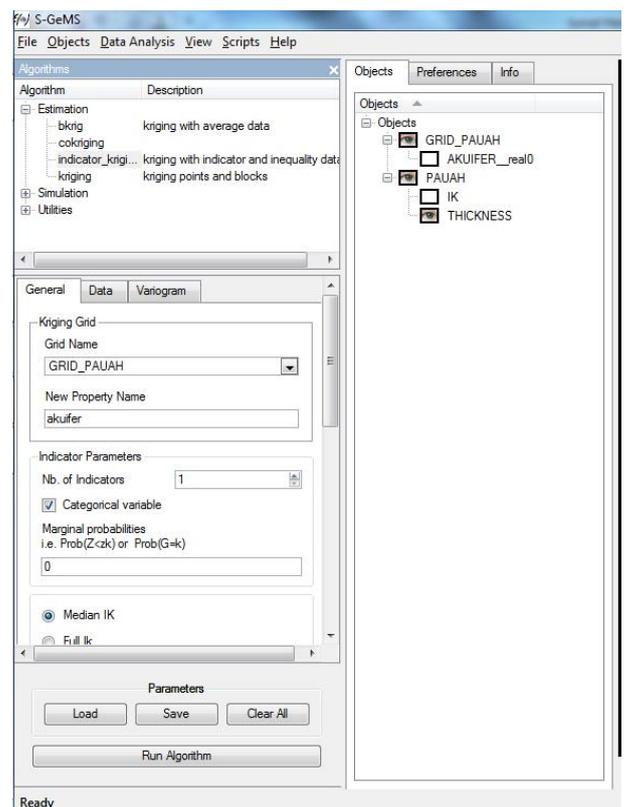


Gambar 17. Hasil Variogram Kecamatan Pauh

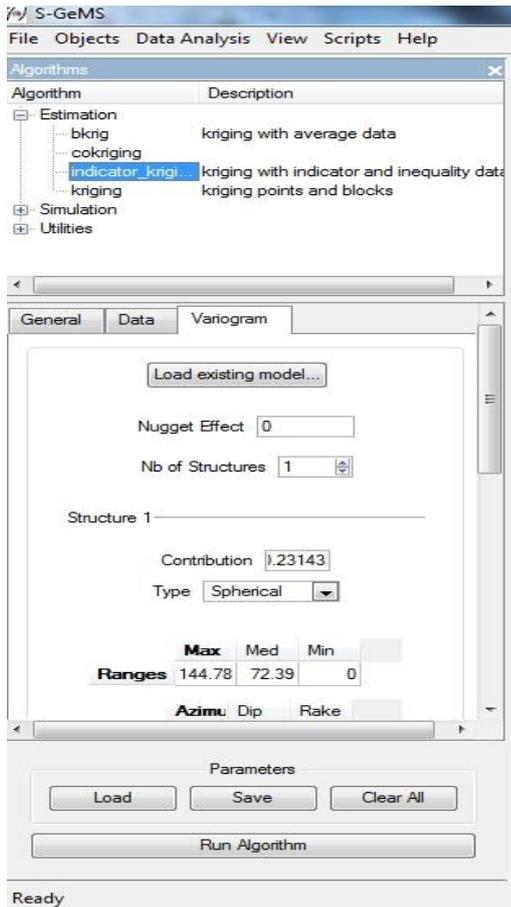
5.5 Estimasi *Indicator Kriging*

Estimasi dengan metode *Indicator Kriging* ini menggunakan parameter-parameter sebagai berikut :

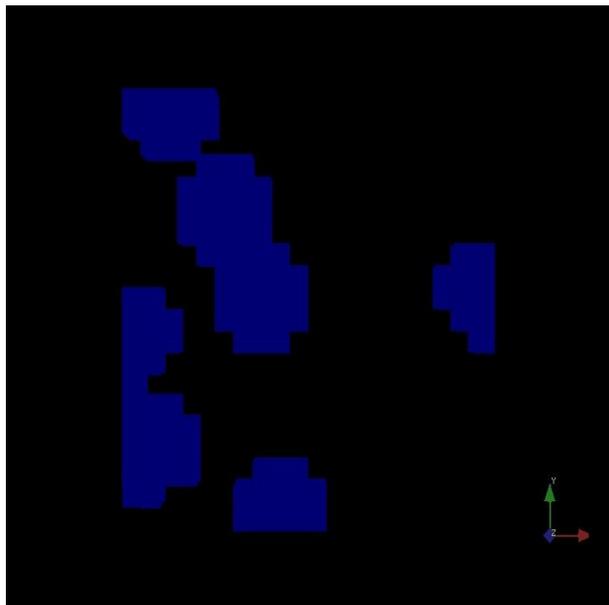
1. Data yang digunakan berjumlah 14 data bor, dimana data yang digunakan berada pada daerah pencarian yang merupakan data-data terdekat dengan data yang akan diestimasi.
2. Menggunakan blok grid yang berdimensi 30 m x 30 m x 1 m. Dengan panjang x = 600 m, y = 900 m, dan z = 50 m
3. Untuk parameter hasil variogram disesuaikan dengan hasil sebelumnya.



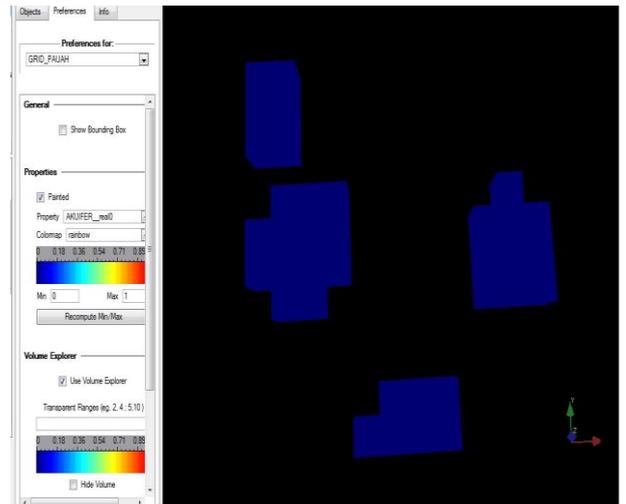
Gambar 18. Tampilan Estimasi *indicator kriging*



Gambar 19. Parameter estimasi IK



Gambar 20. Hasil Pemodelan 3D estimasi Indicator Kriging Koto Tangah



Gambar 21. Hasil Pemodelan 3D estimasi Indicator Kriging Pauh

5.6 Perhitungan Volume Indikator

Setelah di dapatkan hasil estimasi *Indicator Kriging*, maka selanjutnya dilakukan perhitungan volume dari masing-masing *indicator* 1 dan 0 dengan cara me-input data hasil estimasi ke dalam *Microsoft Excel*.

| | A | B | C | D | E |
|----|----------------------|-------|---|---|---|
| 1 | GRID_BOR (20x20x200) | | | | |
| 2 | 2 | | | | |
| 3 | ESTIMASI IK_real0 | | | | |
| 4 | ESTIMASI THICK_real0 | | | | |
| 5 | -9999 | -9999 | | | |
| 6 | -9999 | -9999 | | | |
| 7 | -9999 | -9999 | | | |
| 8 | -9999 | -9999 | | | |
| 9 | -9999 | -9999 | | | |
| 10 | -9999 | -9999 | | | |
| 11 | 0 | 0 | | | |
| 12 | 0 | 0 | | | |
| 13 | 0 | 0 | | | |
| 14 | 0 | 0 | | | |
| 15 | 0 | 0 | | | |
| 16 | -9999 | -9999 | | | |
| 17 | -9999 | -9999 | | | |
| 18 | -9999 | -9999 | | | |
| 19 | -9999 | -9999 | | | |
| 20 | -9999 | -9999 | | | |
| 21 | -9999 | -9999 | | | |
| 22 | -9999 | -9999 | | | |
| 23 | -9999 | -9999 | | | |
| 24 | -9999 | -9999 | | | |
| 25 | 0 | 0 | | | |
| 26 | 0 | 0 | | | |
| 27 | -9999 | -9999 | | | |

Gambar 22. Data Hasil Estimasi Indicator Kriging

Untuk mencari volume dari hasil estimasi *kriging* yang di peroleh, maka dapat digunakan rumus:

$$V = \text{Banyak blok indicator} \times \text{ukuran blok (xyz)} \quad (5)$$

Maka di dapatkan pembahasan hasil sebagai berikut:

| | A | B | C |
|-------|---|---|---|
| 20992 | 0 | | |
| 20993 | 0 | | |
| 20994 | 0 | | |
| 20995 | 0 | | |
| 20996 | 0 | | |
| 20997 | 0 | | |
| 20998 | 0 | | |
| 20999 | 0 | | |
| 21000 | 0 | | |
| 21001 | 0 | | |
| 21002 | 0 | | |
| 21003 | 0 | | |
| 21004 | 0 | | |
| 21005 | 0 | | |
| 21006 | 0 | | |
| 21007 | 0 | | |
| 21008 | 0 | | |
| 21009 | 0 | | |
| 21010 | 0 | | |
| 21011 | 0 | | |
| 21012 | 0 | | |
| 21013 | 0 | | |
| 21014 | 0 | | |
| 21015 | 0 | | |
| 21016 | 0 | | |
| 21017 | 0 | | |
| 21018 | 0 | | |

Gambar 23. Indicator 0 “Other Formation”

Maka volume dari Indicator 0 adalah:

$$V = 125 \times 125 \times 1 \times 21018$$

$$= 328.406.250 \text{ m}^3$$

Sedangkan untuk indicator 1 “Akuifer”

| | A | B | C |
|-----|---|---|---|
| 136 | 1 | | |
| 137 | 1 | | |
| 138 | 1 | | |
| 139 | 1 | | |
| 140 | 1 | | |
| 141 | 1 | | |
| 142 | 1 | | |
| 143 | 1 | | |
| 144 | 1 | | |
| 145 | 1 | | |
| 146 | 1 | | |
| 147 | 1 | | |
| 148 | 1 | | |
| 149 | 1 | | |
| 150 | 1 | | |
| 151 | 1 | | |
| 152 | 1 | | |
| 153 | 1 | | |
| 154 | 1 | | |
| 155 | 1 | | |
| 156 | 1 | | |
| 157 | 1 | | |
| 158 | 1 | | |
| 159 | 1 | | |
| 160 | 1 | | |
| 161 | 1 | | |
| 162 | 1 | | |

Gambar 24. Indicator 1 “Akuifer”

Maka volume dari Indicator 1 adalah:

$$V = 125 \times 125 \times 1 \times 162$$

$$= 2.531.250 \text{ m}^3$$

6. Kesimpulan dan Saran

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan:

1. Diperoleh bentuk pemodelan 3D dengan menggunakan metode *indicator kriging* di wilayah Kec. Koto Tengah dan Kec. Pauh.
2. Diperoleh hasil dari estimasi *indicator krigging* untuk mengetahui berapa volume *akuifer* di daerah Kec. Koto Tengah dan Kec. Pauh yang mana hasilnya adalah sebagai berikut
 - a. Kec. Koto Tengah diperoleh hasil volume *akuifer* sebesar 2.531.250 m³
 - b. Kec. Pauh diperoleh hasil volume *akuifer* sebesar 1.282.500 m³

Daftar Pustaka

[1] Adel. 2011. Pengertian Air Tanah. <http://repository.usu.ac.id> [Tanggal Akses: 28Februari 2013]

[2] Asdac. 2004. *Hidrologi dan Daerah Aliran Sungai (DAS)*. Yogyakarta: GajahMada University Press Muji, A.S. and Kopa, R., 2019.

[3] Awali, A.A, Habi Yasin, dan Rita Rahmawati. *Estimasi Kandungan Hasil Tambang Menggunakan Ordinary Indicator Kriging*. Volume 2, 1. (2013)

[4] Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Padang. 2017. Banyaknya Hari Hujan dan Curah Hujan Menurut Bulan. Online, <https://padangkota.bps.go.id/>, Diakses 3 Desember 2019

[5] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Padang. 2007. Kondisi Geografi Kota Padang. <http://bappeda.padang.go.id>, Diakses 3 Desember 2019

[6] Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Padang. 2016. Kota Padang Dalam Angka 2016. Padang: BPS Kota Padang.

[7] Danaryanto dkk, 2005; “Air Tanah di Indonesia dan Pengelolaannya”,Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Direktorat Jendral Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral.”

[8] Della Aulia Aidil. 2018; “Perhitungan Cadangan Batukapur dan Material Tufa di Area Pit Limit Menggunakan Metode Kriging Pada Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat”.

[9] Gusman, M., Muchtar, B., Syah, N., Akbar, M.D., and Deni, A. V., Estimation of Limestones Resources Using Three Dimension Block Kriging Method, a Case Study : Limestone Sediment at PT Semen Padang. IOP Conf. Series: Earth and

- Environmental Science 314 (2019) 012069, 2019, pp.1-10.
- [10] Hendrayana, Heru. 2007. Pengelolaan Air Tanah di Indonesia. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada (UGM).
- [11] Pemerintah Kota Padang. 1980. Perda No. 10 Tahun 2005. Kota Padang: Pemerintah Kota Padang.
- [12] Pemerintah Kota Padang. 1980. PP No 17 tahun 1980. Kota Padang: Pemerintah Kota Padang.
- [13] Roro Rasi Putra . 2017. “Pemetaan Kualitas Air Tanah Dangkal Menggunakan Metoda Inverse Distance Weighted (*IDW*) di Kota Padang”
- [14] Sujarweni, Wiratna. 2014. *Metodologi penelitian: Lengkap, praktis, dan mudah dipahami*. Yogyakarta: PT Pustaka Baru.
- [15] Todd, D.K., et al.2005. Groundwater Hydrology, Third Edition. New York: John Wiley & Sons