

**STUDI ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PREDIKSI BERAGAM  
METODE INTERPOLASI SPASIAL PADA INTRUSI AIR LAUT DI  
KELURAHAN KOTA KARANG, BANDAR LAMPUNG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**NI MADE MEGA MELLIANA S  
NPM 1855013003**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**STUDI ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PREDIKSI BERAGAM  
METODE INTERPOLASI SPASIAL PADA INTRUSI AIR LAUT DI  
KELURAHAN KOTA KARANG, BANDAR LAMPUNG**

**Oleh**

**NI MADE MEGA MELLIANA S**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### STUDI ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PREDIKSI BERAGAM METODE INTERPOLASI SPASIAL PADA INTRUSI AIR LAUT DI KELURAHAN KOTA KARANG, BANDAR LAMPUNG

Oleh

NI MADE MEGA MELLIANA S

Kelurahan Kota Karang terdapat pulau kecil yang terpisah dari pulau utamanya yaitu Pulau Pasaran yang memiliki permasalahan terkait dengan ketersediaan air bersih sehingga memiliki potensi tercemar intrusi air laut (IAL). Pengukuran parameter IAL membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit khususnya pada waktu pengambilan sampel air sumur dan tanah di Kelurahan Kota Karang. Hal ini menyebabkan jumlah sampel yang dapat dikumpulkan jumlahnya terbatas sehingga digunakan interpolasi spasial untuk memperoleh nilai prediksi pada lokasi yang datanya tidak tersedia. Namun setiap metode interpolasi spasial akan menghasilkan hasil yang berbeda, maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode interpolasi yang akurat dan baik untuk prediksi IAL di Kelurahan Kota Karang berdasarkan kontribusi sebaran sampel dan RMSE.

Penelitian ini menggunakan metode interpolasi spasial diantaranya IDW, *Kriging*, *Natural Neighbor* dan *Spline*. Data yang dipakai berupa data salinitas sumur dan tanah dikumpulkan dengan metode *Stratified purposive sampling* dengan jarak  $\pm 100$  meter di setiap grid, sehingga diperoleh 52 sampel yang terdiri dari titik observasi untuk pengolahan data interpolasi dan titik uji untuk uji akurasi. Akurasi model interpolasi dapat diketahui dengan menggunakan *root mean square error* (RMSE).

Berdasarkan hasil yang dicapai hasil interpolasi baik dan akurat menggunakan model 3 dengan menggunakan metode IDW menghasilkan RMSE yang mendekati 0 dengan nilai RMSE pada sampel tanah 0,081 dan untuk penambahan jumlah sampel sumur 0,01357 nilai hasil prediksi hasil metode IDW konsisten dan hampir sama dengan data lapangan. Akan tetapi metode *spline* menghasilkan akurasi cukup baik pada sampel yang sedikit seperti pada model 1 sampel sumur dengan nilai RMSE 0,095689.

Kata Kunci : Akurasi, Interpolasi Spasial, Intrusi Air Laut

**ABSTRACT****COMPARISONAL ANALYSIS STUDY OF PREDICTION RESULTS OF VARIOUS SPATIAL INTERPOLATION METHODS ON SEA WATER INTRUSION IN KELURAHAN KOTA KARANG , BANDAR LAMPUNG****By****NI MADE MEGA MELLIANA S**

*Kelurahan Kota Karang there is a small island which is separated from the main island, namely Pulau Pasaran which has problems related to the availability of clean water so that has the potential to be polluted by sea water intrusion (IAL). Measurement of IAL parameters requires a lot of time and money, especially when taking well water and soil samples in Kelurahan Kota Karang. This causes the number of samples that can be collected is limited so that spatial interpolation is used to obtain predictive values at locations where data is not available. However, each method will produce different results, therefore this study aims to determine an accurate and good interpolation method for prediction of IAL in Kelurahan Kota Karang based on the contribution of sample distribution and RMSE*

*This study uses spatial interpolation methods including IDW, Kriging, Natural Neighbor and Spline. The data used in the form of well and soil salinity data were collected using the Stratified purposive sampling method with a distance of  $\pm 100$  meters in each grid, in order to obtain 52 samples consisting of observation points for interpolation data processing and test points for accuracy testing. The accuracy of the interpolation model can be determined by using the root mean square error (RMSE).*

*Based on the results achieved, good and accurate interpolation results using model 3 using the IDW method produce an RMSE that is close to 0 with an RMSE value of 0,081 for the soil sample and for an additional number of well sample of 0,01357 the predicted value of the IDW method is consistent and almost the same as the field data. However, the spline produces a fairly good accuracy in small samples such as in model 1 well sampel model with an RMSE value of 0,095689.*

*Keywords: Accuracy, Spatial Interpolation, Sea Water Intrusion*

Judul Skripsi : **STUDI ANALISIS PERBANDINGAN HASIL  
PREDIKSI BERAGAM METODE  
INTERPOLASIPASIAL PADA INTRUSI AIR  
LAUT DIKELURAHAN KOTA KARANG,  
BANDARLAMPUNG**

Nama Mahasiswa : *Ni Made Mega Melliana S*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1855013003

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

**M. Firman Ghazali, S.Pd, M.T.**  
NIP 198606252019031013

**Ir. Arneljon, S.T., M.T., IPU.**  
NIP 197304102008011008

2. Mengetahui

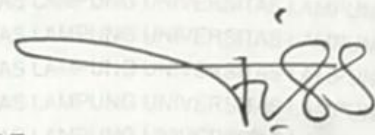
Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

**Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.**  
NIP 196410121992031002

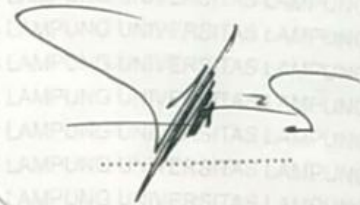
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

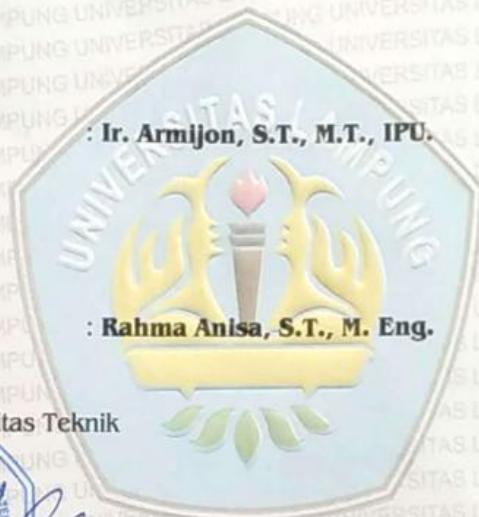
**Ketua : M. Firman Ghazali, S.Pd., M.T.**



**Sekretaris : Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU.**



**Anggota : Rahma Anisa, S.T., M. Eng.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.** ✓  
NIP 1975092820011210002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Februari 2023**

**PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ni Made Mega Melliana S  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1855013003  
Program Studi : Teknik Geodesi  
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi atau pada Universitas atau Institut lain

Bandar Lampung, Februari 2023

Yang Menyatakan,



Ni Made Mega Melliana S

NPM 1855013003

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 04 Februari 2000 di Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak I Wayan Suastika dan Ibu Ni Kadek Sugiartini. Pendidikan yang pernah ditempuh penulis yaitu TK PGRI 1 Mataram yang diselesaikan pada tahun 2006. Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Balinuraga yang diselesaikan pada tahun 2012. Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Kalianda yang diselesaikan pada tahun 2015. Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Kalianda yang diselesaikan pada tahun 2018. Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswi di Universitas Lampung pada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Program Studi Teknik Geodesi melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMM PTN- Barat). Tahun 2021 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Kementerian ATR/BPN Direktorat Jenderal Survei dan Pemetaan Pertanahan dan Ruang, Jakarta Selatan. Melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2021 di Kelurahan Way Urang, Lampung Selatan. Selanjutnya pada tahun 2022, penulis mengikuti Lomba Riset Sawit yang diadakan oleh BPDPKS dan lolos 30 besar proposal terbaik. Pada masa terakhir menjadi mahasiswa penulis melakukan penelitian mengenai Studi Analisis Perbandingan Prediksi Beragam Metode Interpolasi Spasial Pada Intrusi Air Laut di Kelurahan Kota Karang, Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandar Lampung sebagai syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.).



## MOTTO

“Jika sebuah sumur airnya jernih dan tenang maka dasarnya akan kelihatan, demikian pula kehidupan, hanya dengan pikiran yang jernih jalan keluar setiap permasalahan akan dapat terlihat”

**(Swami Wiwekananda)**

“Aku memiliki kepercayaan bahwa aku bisa melakukan, aku akan mencapai kemampuan untuk melakukannya, meskipun pada awalnya aku tidak memiliki kapasitas tersebut.”

**(Mahatma Gandhi)**

## PERSEMBAHAN

*Om Swastiastu,*

*Om Awighnam Astu Namo Siddham*

Puji syukur dihadapan *Ida Sang Hyang Widhi Wasa* (Tuhan Yang Maha Esa) atas berkat, rahmat dan karunia-Nya. Pada kesempatan yang berbahagia ini, sebuah perjalanan panjang telah saya lewati dari hal kecil yang tidak saya ketahui sampai pada titik dimana engkau selalu membimbing dan mengarahkan kepada hal yang baik. Saat ini saya lebih memahami arti dari sebuah penantian, dari lubuk hati yang paling dalam karya ini kupersembahkan sebagai bukti cinta kasihku kepada:

1. Ayahanda tercinta I Wayan Suastika yang telah berjuang sekuat tenaga agar anak-anaknya dapat menempuh pendidikan setinggi-tingginya, yang selalu mengajari penulis banyak hal baik, selalu menguatkan penulis, dan selau percaya pada kemampuan penulis.
2. Ibunda tercinta Ni Kadek Sugiartini yang tidak pernah letih untuk merawat penulis, menasihati penulis akan hal baik, menyayangi penulis, dan selalu berkorban mengutamakan kebahagiaan penulis dibandingkan dengan dirinya.
3. Kakak ku Niluh Wedhani Karya S dan Adik ku I Nyoman Gita Semadi, terima kasih atas doa, dukungan dan semangat yang selalu engkau berikan padaku. Terima kasih juga telah menjadi kakak dan adik yang baik.
4. Keluarga penulis yang selalu mendukung setiap langkah penulis, selalu mendoakan penulis, dan selalu menyayangi penulis.

5. Guru yang telah memberikan ilmu pengetahuan dari SD, SMP dan SMA. Serta para dosen yang telah membimbing selama perkuliahan. Terima kasih atas ilmu yang diberikan.
6. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung, yang telah memberikan banyak ilmu, cerita, dan pengalaman baru kepada penulis.
7. Almamater tercinta Universitas Lampung, terima kasih atas pendidikan yang diberikan dan pembelajaran yang sangat baik dan berharga ini.

*Om Shanti, Shanti, Shanti Om*

## SANWACANA

*Om Swastiastu,*

*Om Awighnam Astu Nammo siddham*

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Ida Sang Hyang Widhi Wasa (Tuhan Yang Maha Esa) yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan sebagai syarat dalam meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dengan judul “Studi Analisis Perbandingan Hasil Prediksi Beragam Metode Interpolasi Spasial di Kelurahan Kota Karang, Bandar Lampung”. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peranan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Mochamad Firman Ghazali, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah memberi masukan, nasihat, motivasi dan telah banyak meluangkan waktu, tenaga, serta pikirannya sehingga penelitian pada skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
2. Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU., selaku dosen pembimbing II yang telah memberi banyak masukan, bimbingan, serta nasihat sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
3. Rahma Anisa, S.T., M.Eng., yang berkenan menjadi dosen penguji dan memberikan banyak nasihat, kritik dan saran pada skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan banyak sekali ilmu pengetahuan.
5. Staf dan karyawan Program Studi Teknik Geodesi yang telah membantu penulis selama perkuliahan.

6. Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Teknik Geodesi dan Geomatika, Universitas Lampung.
7. Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
8. Drs. Syamsi Thamrin, selaku camat Teluk Betung Timur yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian dan menyambut penulis dengan baik di Kecamatan Teluk Betung Timur.
9. Keluarga besarku yang telah memberikan dukungan, semangat serta motivasi kepada penulis.
10. Saudaraku Aak Eda, Eta, Mas Rendy, Sherly yang selalu membantu dan mendukung serta memberi nasehat.
11. Sahabatku Putu Sinta, Ni Komang Nataliya, Ni Wayan Devie Anggraeni, Ni Made Irma Nadia, Wayan Vinna Elvira, Aldona Tri Buana Prasetyaningtyas, Maria Ulfa Assyfa, dan Sekar Anisa Sely Terima kasih sudah banyak membantu serta mendengarkan keluh kesah penulis.
12. Caca, Dita, Mila, dan Nanda selaku teman penulis di Teknik Geodesi yang membantu penulis dalam melakukan pengambilan data penelitian dan pembuatan skripsi ini.
13. Teman-teman KP di Kementerian ATR/BPN Jakarta Selatan, Rachma, Dwi Mega, Debora, Bassam, Edgar, Kak Lenta, Mas Bernad memberikan dukungan dan semangat kepada penulis. Kemudian kepada berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama kegiatan KP berlangsung.
14. Teman-teman KKN periode II tahun 2021, Afifah, Vira, Kak Angel, Kak Riri, Chavin dan Danang yang telah menjadi keluarga selama kegiatan berlangsung serta senantiasa memberikan pengalaman baru, memberikan dukungan dan semangat kepada penulis. Kemudian kepada berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama kegiatan KKN berlangsung.

15. Keluarga besar Teknik Geodesi angkatan 2018 yang telah menemani, membantu, dan menjadi teman seperjuangan penulis dalam meraih gelar sarjana.
16. Untuk lagu-lagu dari Yura Yunita, Mahalini, Tulus, Tiara, Keisya dan Igditaf Terima kasih telah menemani penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
17. Terakhir, terima kasih untuk diri saya sendiri yang telah kuat dan bertahan sampai detik ini. Terima kasih selalu yakin dan sabar untuk menghadapi situasi apapun. Maaf jika selama ini selalu memaksa untuk tetap kuat walaupun kenyataan nya sudah lelah. Semoga bisa menjadi manusia yang lebih baik lagi dan selalu bersyukur atas berkat yang tuhan berikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu mohon maaf bila terdapat kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga nantinya skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Februari 2023  
Penulis,



Ni Made Mega Melliana S

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Kerangka Teoritis .....	4
1.6. Hipotesis .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Keadaan Umum Daerah Penelitian.....	7
2.3. Air Tanah dan Siklus Hidrologi .....	8
2.4. Salinitas dan Intrusi Air Laut (IAL) .....	9
2.5. Mengidentifikasi Intrusi Air Laut (IAL) .....	11
2.5.1 Salinometer Type C-100 .....	12
2.6. Pentingnya Penelitian Intrusi Air Laut (IAL).....	13
2.7. Interpolasi Spasial .....	14
2.7.1. <i>Inverse Distance Weighted (IDW)</i> .....	14
2.7.2. <i>Kriging</i> .....	16
2.7.3. <i>Natural Neighbor</i> .....	19
2.7.4. <i>Spline</i> .....	20
2.8. RMSE .....	21
2.9. Chi Square .....	21

<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1. Tempat dan Waktu.....	23
3.2. Data.....	24
3.2.1 Data Primer .....	24
3.2.2 Data Sekunder .....	25
3.3. Metode .....	25
3.4. Pengambilan Data Lapangan .....	26
3.5. Pengolahan Data .....	27
3.5.1 Pembentukan Data Spasial.....	27
3.5.2 Karakteristik Intrusi Air Laut Hasil Survei.....	28
3.5.3 Skenario Prediksi IAL Berdasarkan Interpolasi dan Distribusi Data Sampel .....	30
3.5.4 Interpolasi.....	31
3.5.5 Uji Akurasi .....	31
3.5.6 Uji Hipotesis .....	33
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
4.1. Hasil.....	34
4.1.1 Implementasi Model Prediksi Beragam Metode Interpolasi. .	34
4.1.1.1 Karakteristik Model 1 .....	34
4.1.1.2 Karakteristik Model 2.....	40
4.1.1.3 Karakteristik Model 3.....	44
4.1.2 Komperasi Akurasi Dari Model Interpolasi Karakteristik ...	48
4.1.3 Uji Hipotesis .....	51
4.1.4 Tabel Konsistensi .....	51
4.1.5 Prediksi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode IDW .....	53
4.2. Pembahasan .....	53
4.2.1 Implementasi Model Prediksi Beragam Metode Interpolasi. .	53
4.2.1.1 Karakteristik Model 1 .....	54
4.2.1.2 Karakteristik Model 2.....	54
4.2.1.3 Karakteristik Model 3.....	55
4.2.2 Komperasi Akurasi Dari Model Interpolasi Karakteristik ...	56
4.2.3 Uji Hipotesis .....	57
4.2.4 Tabel Konsistensi .....	57



4.2.5 Uji Hipotesis .....	57
4.2.6 Prediksi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode IDW .....	58
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>59</b>
5.1. Simpulan.....	59
5.2. Saran .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu .....	5
2. Batas Administratif Kelurahan Kota Karang .....	7
3. Klasifikasi Tingkat Salinitas .....	10
4. Waktu Pelaksanaan Penelitian .....	23
5. Data Primer Dalam Studi Intrusi Air Laut .....	23
6. Detail Data Peta Administrasi .....	24
7. Data Sampel Sumur .....	26
8. Data Sampel Tanah .....	26
9. Karakteristik Intrusi Air Laut Berdasarkan Sumber Air Dan Kategori .....	28
10. Skenario Interpolasi Spasial Untuk Penentuan Hasil Prediksi Terbaik Berdasarkan Distribusi Jumlah Titik Observasi Dan Titik Uji .....	30
11. Nilai Salinitas Dan Estimasi Nilai Salinitas Hasil Interpolasi Pada Sampel Sumur .....	32
12. Nilai Salinitas Dan Estimasi Nilai Salinitas Hasil Interpolasi Pada Sampel Tanah .....	32
13. Nilai Salinitas Dan Estimasi Nilai Salinitas Hasil Interpolasi Pada Penambahan Jumlah Sampel Pada Sumur .....	33
14. Statistika Dari Model 1 Menggunakan Sampel Tanah .....	34
15. Statistika Dari Model 1 Menggunakan Sampel Sumur .....	36
16. Statistika Dari Model 1 Menggunakan Penambahan Sampel Sumur .....	38
17. Statistika Dari Model 2 Menggunakan Sampel Tanah .....	40
18. Statistika Dari Model 2 Menggunakan Sampel Sumur .....	42
19. Statistika Dari Model 3 Menggunakan Sampel Tanah .....	44
20. Statistika Dari Model 3 Menggunakan Sampel Sumur .....	46
21. Perbandingan Akurasi Metode Interpolasi Pada Tanah .....	48
22. Perbandingan Akurasi Metode Interpolasi Pada Sumur .....	49

23. Perbandingan Akurasi Metode Interpolasi Pada Penambahan Jumlah Sampel Sumur .....	50
24. Tabel Konsistensi Terhadap Beragam Metode Interpolasi .....	52
25. Sebaran Intrusi Air Laut Tingkat Salinitas .....	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Siklus Air .....	8
2. Hubungan Antara Air Tawar Dengan Air Asin .....	11
3. 5 In 1 Water Quality Tester.....	13
4. Model Semivariogram.....	18
5. Diagram Varonoi.....	19
6. Lokasi Penelitian Di Kelurahan Kota Karang.....	22
7. Diagram Air Penelitian .....	25
8. Diagram Sebar Untuk Hubungan Tanah Dan Sumur Pada IAL Dari Data Sampel Tanah Dan Sumur .....	29
9. Penambahan Sampel Sumur Dengan Prediksi .....	30
10. Model Titik Sampel .....	31
11. Pengolahan <i>chi-square</i> antara model jumlah sampel dan nilai RMSE pada <i>R studio</i> .....	33
12. Hasil Interpolasi Tanah Dengan Model 1 .....	35
13. Hasil Interpolasi Sumur Dengan Model 1.....	37
14. Hasil Interpolasi Penambahan Jumlah Sampel Sumur Dengan Model 1.....	39
15. Hasil Interpolasi Tanah Dengan Model 2 .....	41
16. Hasil Interpolasi Penambahan Jumlah Sampel Sumur Dengan Model 2.....	43
17. Hasil Interpolasi Tanah Dengan Model 3 .....	45
18. Hasil Interpolasi Penambahan Jumlah Sampel Sumur Dengan Model 3.....	47
19. Hasil Uji <i>Chi-square</i> Antara Model Jumlah Sampel Dengan Nilai RMSE Menggunakan Perangkat Lunak R Studio.....	51
20. Peta Prediksi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode IDW.....	53

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tertuang dalam konsep pembangunan global yang dikenal dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030, didalamnya terdapat 17 aspek tujuan dan satu diantaranya fokus terhadap kualitas dan kuantitas air (Elysia, 2018). Salah satu aspek tujuan diantaranya Goal 6 yaitu *Clean Water and Sanitation* merupakan air bersih dan sanitasi dengan tujuan utama menjamin ketersediaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua orang.

Permasalahan sanitasi telah menjadi perhatian global terutama di komunitas dengan sumber daya menengah kebawah (WHO, 2017). Indonesia menjadi salah satu negara dengan kondisi sanitasi yang buruk karena beberapa masyarakat belum memiliki akses sanitasi yang layak (Pangestu dkk., 2021). Di wilayah pesisir Indonesia keberadaan air tanah melimpah, namun di sisi lain wilayah pesisir juga menyimpan beragam permasalahan lingkungan salah satunya terkait intrusi air laut (IAL) yang terjadi karena jumlah penduduk meningkat sehingga pengambilan air tanah sekitar pesisir yang tidak terkendali hal ini menimbulkan eksploitasi air sumur (Cahyadi dkk., 2017). Masalah IAL dianggap sebagai hal yang biasa di wilayah pesisir sehingga kurang mendapatkan perhatian dari masyarakat maupun pemerintah (Rakhmad dkk., 2021).

Kelurahan Kota Karang merupakan dataran rendah terletak di sisi bantaran Sungai Way Belau yang langsung bermuara ke laut. Daerah pesisir Kelurahan Kota Karang terdapat pulau kecil yang terpisah dari pulau utamanya yaitu Pulau Pasaran menjadi salah satu daerah yang memiliki permasalahan terkait dengan potensi ketersediaan air tanah sebagai sumber air bersih. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Subing (2016), bahwa selain minim sumber air tawar, masyarakat di Pulau Pasaran dihadapkan oleh minimnya sanitasi air yang buruk. Oleh karena itu Kelurahan Kota Karang menjadi penting untuk diteliti lebih lanjut mengenai

sumberdaya air bersih untuk menghindari permasalahan krisis air bersih di masa yang akan datang dan juga belum ada penelitian yang pasti terkait IAL di Kelurahan Kota Karang.

Pengukuran parameter IAL membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit khususnya pada waktu pengambilan sampel air sumur dan tanah di Kelurahan Kota Karang. Hal ini menyebabkan jumlah sampel yang dapat dikumpulkan jumlahnya terbatas. Sehingga untuk memperoleh nilai prediksi IAL pada lokasi yang datanya tidak tersedia di wilayah Kelurahan Kota Karang dapat diketahui dengan interpolasi spasial. Interpolasi spasial mengasumsikan bahwa atribut data bersifat kontinu di dalam ruang jarak (*space*) dan saling berhubungan secara spasial (Syaeful Hadi, 2015).

Metode interpolasi spasial yang umum dipakai diantaranya IDW, *Kriging*, *Spline*, *Natural Neighbor*. IDW adalah metode interpolasi yang memperkirakan suatu variabel pada lokasi yang tidak diketahui menggunakan rata-rata tertimbang dari data yang diketahui di sekitar lokasi yang tidak diketahui (Phachomphon, 2010). *Kriging* merupakan metode interpolasi geostatistik yang menghitung nilai jarak antar objek dan korelasi spasial yang digambarkan melalui Semivariogram (Jensen, 2013). *Spline* merupakan metode interpolasi yang menggunakan perhitungan matematis dimana metode ini meminimalisir kelengkungan permukaan (Pasaribu dan Haryani, 2010). *Natural Neighbor* merupakan metode interpolasi yang menggunakan pendekatan tetangga terdekat dengan bobot luasan diagram voronoi yang terbentuk (Li dan Heap, 2008).

Pada dasarnya IDW, *Kriging*, *Natural Neighbor* dan *Spline* mirip yaitu bobot disekitar nilai yang diketahui dan diukur untuk mendapat prediksi disetiap lokasi hanya berbeda pada algoritma perhitungannya dan setiap metode akan menghasilkan hasil yang berbeda, pemilihan metode akan mempengaruhi hasil yang didapatkan. Sehingga diperlukan kajian untuk menentukan metode interpolasi yang akurat berdasarkan data yang ada. Hal ini diperlukan karena tidak terdapat satu metode tunggal yang baik untuk semua waktu dan tempat (Bhomwik, 2012).

Perbandingan akurasi interpolasi dengan metode IDW, *Kriging*, *Spline*, *Natural Neighbor* pernah dikaji diantaranya adalah membandingkan metode interpolasi IDW dan *kriging* untuk pemetaan PH air sumur bor hasil yang didapatkan yaitu metode IDW lebih akurat dalam mengestimasi nilai yang dekat dengan sampel yang tersedia dibandingkan *kriging* karena lebih akurat dalam memprediksi nilai dari lokasi yang jauh dari titik sampel (Aswant, 2016). Pemetaan salinitas tanah dengan metode interpolasi yang berbeda di distrik Mirzaabad, Provinsi Syrdarya hasil yang didapatkan yaitu metode *cross-Validation* dengan penilaian *Root Mean Square Errors* (RMSE) menunjukkan bahwa IDW dengan kekuatan 2 (IDW-2) paling akurat dibandingkan metode *kriging* (Brbulescu, 2020).

Dari permasalahan tersebut peneliti ingin mengkaji secara spesifik membahas akurasi metode IDW, *Kriging*, *Spline*, *Natural Neighbor* dengan objek IAL perlu dilakukan dengan cara membandingkan akurasi metode IDW, *Kriging*, *Spline*, *Natural Neighbor* dengan kontribusi jumlah dan distribusi sampel pada IAL. Unsur keterbaruan penelitian ini terletak pada objek kajian, metode penentuan sampel dan jumlah sampel yang digunakan. Sehingga, hasil yang diharapkan dapat menghasilkan metode interpolasi spasial yang akurat untuk memprediksi IAL.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perbandingan pada data hasil interpolasi metode IDW, *Kriging*, *Spline*, *Natural Neighbor* untuk prediksi IAL berdasarkan jumlah distribusi sampel dan RMSE di Kelurahan Kota Karang.

## **1.3. Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui hasil perbandingan akurasi metode IDW, *Kriging*, *Spline*, *Natural Neighbor*.
2. Diperoleh metode yang tepat dan akurat.
3. Dengan adanya peta distribusi IAL sesuai dengan metode yang tepat dapat digunakan sebagai dasar dalam penanganan untuk mengatasi IAL.

#### 1.4. Kerangka Teoritis

Di wilayah pesisir keberadaan air tanah melimpah, namun di sisi lain wilayah pesisir juga menyimpan beragam permasalahan lingkungan salah satunya terkait intrusi air laut yang terjadi karena jumlah penduduk meningkat sehingga pengambilan air tanah sekitar pesisir yang tidak terkendali hal ini menimbulkan eksploitasi air sumur (Cahyadi dkk, 2017). Dampak dari eksploitasi air sumur memicu terjadinya penurunan muka air tanah. Sehingga perbedaan keseimbangan air tawar dan air laut yang ada di dalam tanah menyebabkan terjadi IAL. Perbedaan tersebut menyebabkan air mempunyai kandungan salinitas.

Dalam penelitian ini untuk memprediksi intrusi air laut menggunakan beberapa parameter salah satunya salinitas. Pengukuran parameter IAL membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit khususnya pada waktu pengambilan sampel air sumur dan tanah. Hal ini menyebabkan jumlah sampel yang dapat dikumpulkan jumlahnya terbatas, sehingga untuk memperoleh nilai prediksi IAL pada lokasi yang datanya tidak tersedia dapat diketahui menggunakan metode interpolasi spasial. Pada umumnya metode interpolasi yang digunakan ada IDW, *kriging*, *natural neighbor* dan *spline* dari keempat metode interpolasi ini nantinya akan dibandingkan akurasi menggunakan kontribusi jumlah sampel dan distribusi sampel pada IAL. Sehingga menghasilkan metode interpolasi yang akurat untuk memprediksi IAL.

#### 1.5. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah semakin banyak jumlah sampel yang digunakan dan distribusi sampel tersebar merata dengan metode interpolasi untuk memprediksi IAL maka hasil uji akurasi RMSE akan semakin kecil. Hal tersebut akan coba dijawab dengan pengolahan data dan uji *chi square*, ketika benar maka  $H_1$  diterima.

Tolak  $H_1$  : tidak terdapat hubungan antara jumlah dan distribusi sampel terhadap akurasi hasil prediksi IAL.

Terima  $H_1$  : terdapat hubungan antara jumlah dan distribusi sampel terhadap akurasi hasil prediksi IAL.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Beberapa penelitian yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode	Data	Hasil
1.	Analisis Perbandingan Metode Interpolasi Untuk Pemetaan Ph Air Pada Sumur Bor Di Kabupaten Aceh Besar Berbasis SIG (Aswant, 2016).	Memetakan sebaran pH air pada sumur bor di Kabupaten Aceh Besar. Dan menganalisis perbandingan metode dari interpolasi IDW dan <i>Kriging</i> .	Metode Interpolasi IDW dan <i>Kriging</i> dengan variasi pada parameter power 0, 5, 1, 2, 3 dan jumlah sampel 6, 12, 18, 24.	Data Lapangan kualitas air (PH) sumur Bor.	Metode interpolasi IDW lebih akurat dalam mengestimasi nilai yang dekat dengan sampel yang tersedia dibandingkan dengan <i>Kriging</i> . Walaupun demikian <i>Kriging</i> lebih akurat dalam memprediksi nilai dari lokasi yang jauh dari titik sampel.
2	<i>Soil salinity mapping by different interpolation methods in Mirzaabad district, Syrdarya Province</i> (Brbulescus, 2020).	Mengevaluasi metode interpolasi yang berbeda selama pemetaan salinitas tanah dan mengidentifikasi perbedaan penilaian salinitas tanah di wilayah studi kasus.	Metode IDW dengan <i>power</i> 1, 2, 3 dan <i>Kriging</i> .	Data salinitas tanah yang diukur dengan EC meter.	Hasil yang didapatkan yaitu metode <i>cross-Validation</i> dengan penilaian <i>Root Mean Square Errors</i> (RMSE) menunjukkan bahwa IDW dengan kekuatan 2 (IDW-2) paling akurat

					dibandingkan metode <i>Kriging</i> .
3	Sebaran Spasial Intrusi Air Laut di Wilayah Pesisir Teluk Banten dan Alternatif Upaya Pengendaliannya (Rakhmad dkk., 2021).	Mengetahui sebaran spasial dan tingkat intrusi air laut serta alternatif upaya pengendalian berbasis ekosistem.	Data berupa parameter fisika dan kimia (hidrokimia) kualitas air tanah terdiri atas daya hantar listrik (DHL), klorida (Cl <sup>-</sup> ), bikarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), dan karbonat (CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).	Analisis dengan metode interpolasi dan Analisis rasio klorida-bikarbon	Hasil analisis dengan menggunakan metode interpolasi menunjukkan bahwa seluruh daerah penelitian disusupi oleh air laut untuk parameter konduktivitas listrik (DHL) dan klorida. Analisis rasio klorida terhadap bikarbonat mengungkapkan nilai indeks level (RI) berkisar antara 1,82 hingga 12,17, menunjukkan bahwa intrusi air laut terjadi pada level sedang hingga tinggi.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aswant (2016) dan Brbulescuc (2020). Keduanya bertujuan membandingkan metode interpolasi IDW dan *kriging*. Meskipun memiliki persamaan metode tetapi parameter dan data yang digunakan kedua berbeda, dimana pada penelitian yang sekarang menggunakan empat metode yaitu IDW, *kriging*, *natural neighbor* dan *spline*. Sedangkan data yang digunakan adalah data salinitas sumur dan tanah dengan menggunakan parameter jumlah sampel 10, 20, dan 30. Lokasi penelitian dua penelitian tersebut dengan penelitian yang sekarang juga berbeda. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rakhmad dkk (2021) bertujuan untuk Mengetahui sebaran spasial dan tingkat intrusi air laut. Meski memiliki tujuan yang sama tetapi pada penelitian yang sekarang berbeda hanya memprediksi intrusi air laut dari hasil perbandingan metode interpolasi spasial yang akurat.

## 2.2. Keadaan Umum Daerah Penelitian

Secara geografis Kelurahan Kota Karang merupakan dataran rendah terletak di sisi bantaran Sungai Way Belau yang langsung bermuara ke Laut Teluk Lampung serta diseberangi oleh jembatan menuju Pulau Pasaran sebagai sentra pengolahan ikan asin dan ikan teri yang merupakan produk unggulan Pemerintah Kota Bandar Lampung dan luas wilayah Kelurahan Kota Karang  $\pm$  35 Ha, terdiri dari 2 lingkungan dan 21 rukun tetangga (RT), yang secara administratif berbatasan dengan :

Tabel. 2 Batas Administratif Kelurahan Kota Karang

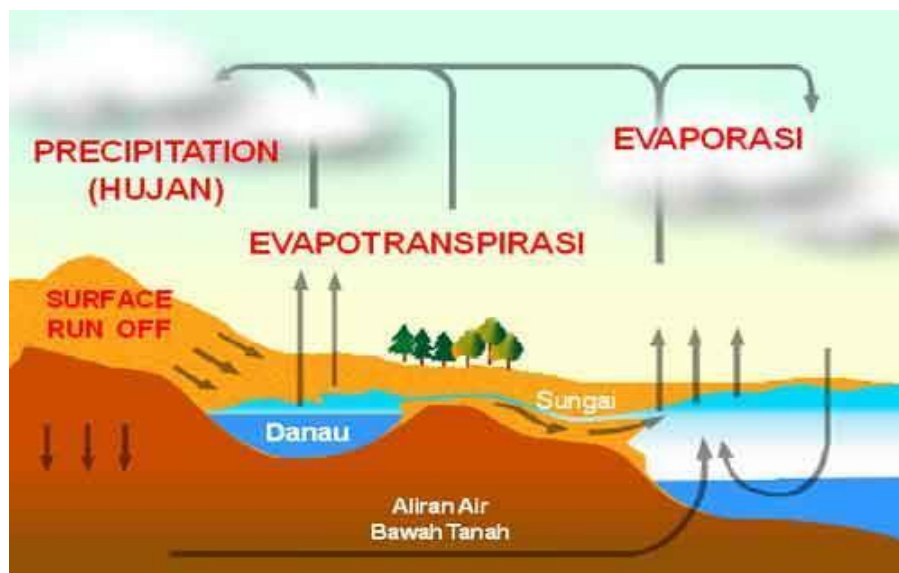
NO	Arah	Daerah
1.	Utara	Way Belau
2.	Selatan	Kelurahan Kota Karang Raya
3.	Timur	Laut Teluk Lampung
4.	Barat	Kelurahan Perwata

(Sumber : Monografi Kelurahan Kota Karang, 2016)

Pusat gerbang Kecamatan Teluk Betung Timur adalah Kelurahan Kota Karang, wilayah ini berfungsi sebagai pusat perdagangan umum, jasa dan kegiatan komersial sehingga posisi yang menguntungkan. Hal ini didukung dengan adanya pasar tradisional yaitu Kota Karang, serta pusat pengolahan ikan asin serta ikan teri yang berada di Pulau Pasaran. Sehingga sebagian besar mata pencaharianya penduduk Kelurahan Kota Karang yaitu nelayan, buruh bangunan dan wiraswasta/berdagang karena letaknya yang berada di bibir pantai dan juga Pulau Pasaran dikelilingi oleh perairan Teluk Lampung. Akibatnya Pulau Pasaran menjadi salah satu tempat yang memiliki kendala terkait dengan ketersediaan air tanah sebagai sumber air bersih. selain minim sumber air tawar, masyarakat di Pulau Pasaran dihadapkan oleh minimnya sanitasi air yang buruk. Sumber daya air tanah Pulau Pasaran sangat langka karena kurangnya lahan untuk menampung air hujan relatif sedikit dan air hujan merupakan satu-satunya sumber pengisi air tanah (Subing, 2016).

### 2.3. Air Tanah dan Siklus Hidrologi

Air salah satu sumber daya alam yang merupakan sumber kehidupan manusia. Sumber daya air ini harus dapat dikelola secara profesional agar ketersediaan air tawar sepanjang tahun tetap tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih. Air mengalami sirkulasi yang disebut daur hidrologi. Proses ini dimulai di permukaan tanah dan air ketika udara menguap, memadat dan berubah menjadi genangan udara yang berkumpul membentuk awan. Titik-titik air itu menyebabkan titik-titik air menjadi besar dan dipengaruhi gravitasi bumi sehingga jatuh disebut hujan. Air hujan yang jatuh dipermukaan bumi sebagian diserap tanah dan sebagian lagi mengalir melalui sungai menuju ke laut (Okma, 2020).



Gambar 1. Siklus air (Ashriyati, 2011)

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang sumber daya air, air tanah merupakan air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Air tanah memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan bahan baku air, baik untuk makhluk hidup industri maupun rumah tangga (Sekretaris Negara, 2004). Air tanah terbagi menjadi :

#### 1. Air tanah dangkal

Air tanah dangkal memiliki kedalaman maksimal mencapai 15 meter. Air tanah yang dangkal diakibatkan terjadi karena daya pemrosesan resapan air dari

permukaan tanah. Karena mengalir melalui lapisan tanah yang memiliki komponen kimia tertentu untuk setiap lapisan tanah, air tanah akan transparan tetapi mengandung lebih banyak senyawa, seperti garam terlarut. Lapisan tanah yang dimaksud disini berfungsi sebagai filter (Hamdi, 2018).

## 2. Air tanah dalam

Air tanah atau air artesis hasil terjadi di dua lapisan kedap air. Lapisan akuifer adalah ruang antara dua lapisan kedap udara. Udara pasti akan bocor melalui lapisan kedap udara yang retak dan mencapai permukaan. Mata air artesis adalah sumber air yang menyembur ke permukaan. ekstraksi air tanah dangkal versus air tanah dalam. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga dalam suatu kedalaman biasanya antara 100-300 meter akan didapatkan suatu lapis air (Bagas, 2017).

### 2.4. Salinitas dan Intrusi Air Laut (IAL)

Salinitas adalah jumlah garam terlarut atau rasa asin dalam air. Kandungan garam tanah adalah definisi lain dari salinitas. Salinasi adalah proses menaikkan kadar garam. Garam adalah zat alami yang dapat ditemukan di air dan tanah. Proses alami seperti pencucian mineral atau penghilangan endapan garam dari lautan dapat menyebabkan salinasi. Salinitas juga bisa terjadi karena aktivitas manusia seperti irigasi (Bagas, 2017).

Salinitas dinyatakan dalam garam perkilogram air atau dalam bagian per seribu (ppt atau ‰). 1 gram garam dan 1.000 gram air mendapatkan nilai salinitas sebesar 1 g/kg, atau 1 ppt. Sedangkan 10.000 gram air mendapatkan nilai salinitas sebesar 1% Berikut adalah klasifikasi tingkat salinitas pada (Tabel 3) :

Tabel 3. Klasifikasi tingkat salinitas

Klasifikasi	Salinitas Air (%)	Salinitas Tanah (%)
Tidak Salin	<0,05	<0,02
Sedikit Salin	0,05 s/d 0,3	0,02 s/d 0,05
Salin	0,3 s/d 0,5	0,05 s/d 0,1
Sangat Salin	>0,5	>0,1

(Sumber : Aslam *et al.*, 2015)

IAL atau penyusupan air asin ke dalam akuifer yang menyebabkan air tawar berubah menjadi air payau atau air asin. Penyusupan air asin ini terjadi antara lain disebabkan oleh:

1. Menurunkan tabel air atau tingkat piezoelektrik di wilayah pesisir.
2. Pemompaan air tanah yang berlebihan di wilayah pesisir.
3. Masuknya air laut ke daratan melalui sungai, kanal, terusan, rawa-rawa atau daerah aliran sungai lainnya (Rizky, 2021).

IAL dapat terjadi apabila keseimbangan hidrostatik antara air tawar dan air asin di daerah pantai terganggu. Karena air asin memiliki densitas lebih tinggi dari air tawar. Maka akan terjadi pergerakan air asin/air laut ke arah darat menuju air tawar. Seperti yang ditunjukkan (Gambar 2). Hal ini memenuhi persamaan hidrostatik fluida dengan persamaan sebagai berikut (Pers. 2.1) :

$$p_s g z = p_f g (z + h) \dots \dots \dots \text{(Pers. 2.1)}$$

Keterangan :

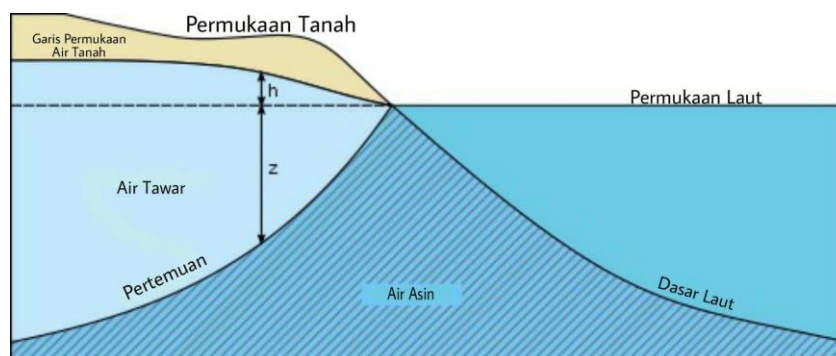
$p_f$  : densitas air tawar (gr/cm)

$p_s$  : densitas air asin (gr/cm)

$g$  : percepatan gravitasi (cm/s<sup>2</sup>)

$z$  : kedalaman interface air tawar-air asin dari permukaan laut

$h$  : ketinggian muka air tanah dari permukaan laut hidrostatik fluida



Gambar 2. Hubungan antara air tawar dengan air asin (Hamdi, 2018)

Kedalaman batas (*interface*) air tawar dan air asin adalah sekitar 40 kali ketinggian muka air tanah dari muka air laut. Kedalaman bidang temu ini bergantung pada kedudukan muka air tanah yang tawar yang telah dihitung dari air laut (Wardhana dkk., 2017). Pada kondisi normal air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan sebab air tanah memiliki permukaan piezometrik yaitu permukaan air tanah imajiner yang bergerak naik diakibatkan oleh tekanan hidrostatik dalam sumur atau mata air. yang menekan lebih kuat dibandingkan air laut, sehingga terbentuklah *interface* yang menekan lebih kuat dari air laut. Keadaan ini merupakan keadaan kesetimbangan antara air laut dan air tanah. Tapi ketika air laut memiliki berat jenis yang lebih besar dari air tawar, hal ini akan mengakibatkan air laut terus mendesak air tanah hingga semakin masuk ke hulu sehingga terjadi IAL. Kawasan yang rawan terjadi IAL yaitu daerah yang berdekatan dengan pantai, namun tidak menutup kemungkinan semua area pesisir mengalami IAL.

## **2.5. Mengidentifikasi Intrusi Air Laut (IAL)**

Pada penelitian Winarno (2018) sampel air tanah dianalisis salinitasnya dengan cara mengukur kepadatan dari air yang akan dihitung salinitasnya. Alat untuk mengukur salinitas yaitu dengan alat salinometer, alat ini bekerja berdasarkan daya hantar listrik. Konduktivitas listrik meningkat seiring dengan meningkatnya salinitas. Kemudian data dianalisis berdasarkan data salinitas pada setiap sampel air yang di uji coba sekaligus kandungan zat yang terdapat pada air tersebut.

Pada penelitian Bagas (2017) menggunakan alat *water quality tester* untuk mengukur parameter-parameter air tanah. Variabel tersebut adalah ph, konduktivitas, *total dissolved solids* (TDS), dan salinitas. Intrusi air laut dapat diidentifikasi menggunakan alat sebagai berikut :

### 2.3.1 Salinometer Type C-100

Salinometer *type c-100* adalah alat ukur air dengan 5 parameter yaitu:

1. Salinitas mengetahui kadar garam dan memiliki rentang tes nilai 0 s/d 25 % dan resolusi 0,01 s/d 5%. Akurasi pada alat ini sebesar 0,01 % pada nilai 0,01 s/d 5 %
2. *Specific Gravity* (berat jenis) untuk mengetahui perbandingan antara massa jenis suatu zat dengan massa jenis zat lain dengan massa jenis 1.000 s/d 1.222.
3. TDS mengetahui padatan yang terlarut memiliki rentang tes 0 s/d 1.000 ppm 1.000ppm t-ppm 10,1 s/d 200.0ppt dan resolusi 1ppm/0,1ppt. Akurasi pada alat ini sebesar 2%.
4. EC (Elektro Konduktivitas) mengetahui daya hantar listrik memiliki rentang tes 0 touS/cm 10,01 s/d 19,99ms 20,1 s/d 400mS/CM dan resolusi 1uS/cm; 0,1mS/CM. Akurasi pada alat ini sebesar 2%.
5. *Temperature* mengetahui suhu air memiliki rentang tes 0,1 s/d 80,0°C 32,0 s/d 176°F dan resolusi  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Akurasi pada alat ini sebesar 0,1°C.



Gambar 3. Salinometer *type c-100* (yieryimeters.com)



Cara pengukuran menggunakan salinometer adalah sebagai berikut:

1. Ambil gelas dan masukan sampel air yang akan diuji.
2. Atur alat salinometer type c-100 sesuai parameter yang akan digunakan.
3. Celupkan alat salinometer *type* c-100 ke dalamnya.
4. Parameter akan terbaca pada skalanya.

## **2.6. Pentingnya Penelitian Intrusi Air Laut (IAL)**

IAL penting untuk diteliti karena merupakan pergerakan air asin ke akuifer air tawar yang dapat mengkontaminasi sumber air minum. IAL dapat terjadi secara alami hingga derajat tertentu pada sebagian besar akuifer pantai, dikarenakan adanya hubungan hidrolik antara air tanah dan air laut. Karena air laut memiliki kadar mineral yang lebih tinggi dari air tawar, maka air laut memiliki massa jenis yang lebih tinggi dan tekanan air yang lebih besar. Sehingga air laut bergerak menuju air tawar.

Berbagai aktivitas manusia, terutama pemompaan air tanah dari akuifer pantai, dapat meningkatkan intrusi air laut karena tekanan air tanah berkurang dan menjadi relatif lebih kecil dibandingkan tekanan dari air laut. Penyebab IAL lainnya yaitu kanal navigasi dan drainase yang menciptakan celah bagi air laut bergerak ke daratan melewati permukaan dan melalui pasang surut air. IAL juga dapat terjadi pada kondisi cuaca ekstrem seperti badai dan ombak besar.

Berikut perkembangan penelitian terkait IAL sampai pada pemetaannya. Pada penelitian Aswant (2016) membandingkan metode interpolasi IDW dan *Kriging* untuk pemetaan PH air sumur bor hasil yang didapatkan yaitu metode IDW lebih akurat dalam mengestimasi nilai yang dekat dengan sampel yang tersedia dibandingkan *Kriging* karena lebih akurat dalam memprediksi nilai dari lokasi yang jauh dari titik sampel.

Pada penelitian Cahyadi dkk (2017) distribusi spasial salinitas air tanah berdasarkan kandungan klorida dalam air tanah yang diambil dari sumur. Hasil pengukuran kemudian dianalisis dengan analisis geostatistik untuk menentukan

interpolasi yang paling sesuai dan menunjukkan bahwa IAL telah menyusup ke lensa air tanah.

Pada penelitian Brbulescus (2020) pemetaan salinitas tanah dengan metode interpolasi yang berbeda di distrik Mirzaabad, Provinsi Syrdarya hasil yang didapatkan yaitu metode *cross-Validation* dengan penilaian *Root Mean Square Errors* (RMSE) menunjukkan bahwa IDW dengan kekuatan 2 (IDW-2) paling akurat dibandingkan metode *Kriging*.

Pada penelitian Rakhmad dkk (2021) tentang mengetahui sebaran spasial dan tingkat IAL serta alternatif upaya pengendalian berbasis ekosistem. Metode yang digunakan yaitu interpolasi parameter fisika dan kimia serta analisis rasio klorida-bikarbonat. Hasil analisis dengan menggunakan metode interpolasi menunjukkan bahwa seluruh daerah penelitian disusupi oleh air laut untuk parameter daya hantar listrik (DHL) dan klorida. Analisis rasio klorida terhadap bikarbonat mengungkapkan nilai indeks level (RI) berkisar antara 1,82 hingga 12,17, menunjukkan bahwa intrusi air laut terjadi pada level sedang hingga tinggi.

## **2.7. Interpolasi Spasial**

Interpolasi merupakan metode yang memanfaatkan informasi data yang sudah diketahui sebelumnya untuk memperkirakan dan menghasilkan data lain yang berkaitan dan tidak diketahui sebelumnya. Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur sehingga terbuatlah peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah yang dipetakan (Hadi, 2013). Interpolasi memiliki banyak ragam metode, yang masing-masing memiliki karakteristik, dengan segala kelebihan dan kekurangannya untuk diterapkan pada berbagai medan yang kondisinya variatif (Puteri, 2019). Metode interpolasi spasial yang umum dipakai diantaranya IDW, *Kriging*, *Natural Neighbor*, *Spline*.

### **2.5.1 Inverse Distance Weighted (IDW)**

Setiap titik input memiliki efek lokal yang semakin berkurang pada jarak, menurut pendekatan Inverse Distance Weighted (IDW). Secara umum, jarak invers

yang ditentukan dari persamaan matematis berdampak pada metode interpolasi IDW. Permukaan akan lebih detail dengan titik yang lebih dekat karena efeknya akan lebih besar daripada titik input. Namun, ketika jarak efek bertambah gambar tampak lebih halus (Azpurua, 2010). Persamaan model interpolasi IDW disajikan sebagai berikut :

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^s z_i \frac{1}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^s \frac{1}{d_i^k}} \dots\dots\dots (Pers.2.4)$$

Keterangan :

$Z_0$  = Perkiraan nilai pada titik 0

$z_i$  = Nilai z pada titik kontrol i

$d_i$  = Jarak antara titik i dan titik 0

k = Semakin besar k, semakin besar pengaruh poin tetangga

s = Jumlah titik sampel yang digunakan

Metode IDW adalah teknik interpolasi umum lainnya yang memberi bobot pada jarak. Jarak ini merupakan jarak (datar) antara titik data (sampel) dengan blok yang perlu didekati. Akibatnya, berat bertambah dan berkurang tergantung pada jarak antara titik sampel dan balok yang akan diestimasi (Kurniadi dkk., 2018).

IDW memiliki keuntungan karena dapat menyesuaikan karakteristik interpolasi dengan membatasi jumlah titik input yang digunakan dalam proses interpolasi. Titik-titik yang jauh dari sampel dan memiliki sedikit atau tidak ada hubungan spasial dapat dikeluarkan dari perhitungan. Titik-titik yang akan digunakan dapat ditentukan baik secara langsung maupun berdasarkan jarak yang akan diinterpolasi. Kelemahan interpolasi IDW adalah tidak dapat memperkirakan nilai di atas atau di bawah nilai maksimum dan minimum titik sampel (Pramono, 2008).

Berikut merupakan contoh penelitian yang menggunakan teknik metode IDW seperti pada penelitian Aswant (2016) pada metode IDW dilakukan variasi dua parameter dengan radius pencarian variabel opsional yang berarti radius akan berubah sesuai sebaran sampel agar dapat mencakup jumlah sampel yang digunakan untuk interpolasi. Pertama adalah *power* dengan nilai *power* 0.5, 1, 2 dan 3. Penentuan nilai

*power* harus bernilai positif dan beberapa nilai *power* yang digunakan ini adalah untuk melihat perbedaan yang dihasilkan. Adapun yang kedua adalah jumlah titik sampel terdekat yang akan digunakan untuk melakukan interpolasi, variasi jumlah titik sampel yang digunakan adalah 6, 12, 18 dan 24. Sampel data disini adalah titik-titik yang nilainya digunakan untuk memperkirakan nilai baru di suatu lokasi.

### 2.5.2 Kriging

Metode interpolasi *kriging* adalah metode interpolasi spasial yang memanfaatkan nilai spasial pada lokasi tersampel untuk memproduksi nilai pada lokasi lain yang tidak tersampel. Metode *kriging* merupakan estimasi *stochastic* yang mirip dengan IDW. Dimana menggunakan kombinasi linier dari *weight* untuk memperkirakan nilai diantara sampel data. Pada metode *kriging*, bobot tidak hanya didasarkan pada jarak antara ukuran dan lokasi titik prediksi tetapi juga pada keseluruhan letak titik-titik yang diukur (ESRI, 2011). *Kriging* menimbang nilai yang terukur di sekitarnya untuk memperoleh prediksi di lokasi yang tidak terukur. *Point kriging* merupakan metode mengestimasi suatu nilai dari sebuah titik pada tiap-tiap grid. Rumus umum kriging adalah sebagai berikut :

$$Z^* = \sum_i^N = 1 w_i z_i \dots\dots\dots(Pers. 2.5)$$

Dimana :

$Z^*$  : Nilai prediksi

$z_i$  : Nilai terukur pada lokasi pengamatan ke -i

$w_i$  : bobot pada lokasi ke - i

Metode *kriging* sangat banyak menggunakan sistem komputer dalam perhitungan. Kecepatan perhitungan tergantung dari banyaknya sampel data yang digunakan dan cakupan dari wilayah yang diperhitungkan. Tidak seperti metode IDW, *kriging* memberikan ukuran kesalahan dan keyakinan. Menurut Lagueche (2006) metode *kriging* memiliki beberapa keunggulan, antara lain sebagai interpolator, metode *kriging* memadukan korelasi spasial antara data, hal mana tidak dilakukan oleh prosedur statistik klasik. Keunggulan *kriging* dibandingkan teknik

konturisasi lainnya adalah kemampuannya untuk mengkuantifikasi variansi dari nilai yang diestimasi sehingga dapat diketahui.

Metode *kriging* tetap dapat digunakan meskipun tidak ditemukan korelasi spasial antar data. Kelemahan *kriging* yaitu banyaknya metode yang membangun teknik ini, sehingga menghendaki banyak asumsi yang jarang sekali dapat dipenuhi. *Kriging* mengasumsikan data menyebar normal sementara kebanyakan data lapangan tidak memenuhi kondisi tersebut. Selain itu, semivariogram yang dihitung untuk suatu himpunan data tidak berlaku untuk himpunan data lainnya. Dengan demikian estimasi semivariogram akan sulit bila titik sampel yang digunakan tidak mencukupi.

Dalam analisis data geostatistika proses pencocokan antara semivariogram eksperimental dengan semivariogram teoritis ini disebut analisis struktural (*structural analysis*). Selain itu, analisis struktural juga bisa dilakukan dengan cara perbandingan *mean square error* (MSE) dari masing-masing semivariogram teoritis (Abid dkk., 2013). Ada beberapa model semivariogram teoritis yang diketahui dan biasanya digunakan sebagai pembanding dari semivariogram eksperimental :

### 1. Model *Spherical*

Bentuk semivariogram ini dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left[ \left( \frac{3h}{2a} \right) - \left( \frac{h}{2a} \right)^3 \right], & \text{untuk } h \leq a \\ c, & \text{untuk } h > a \end{cases} \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.6})$$

### 2. Model *Eksponensial*

Pada model *eksponensial* terjadi peningkatan dalam semivariogram yang sangat curam dan mencapai nilai *sill* secara asimtotik, dirumuskan sebagai berikut:

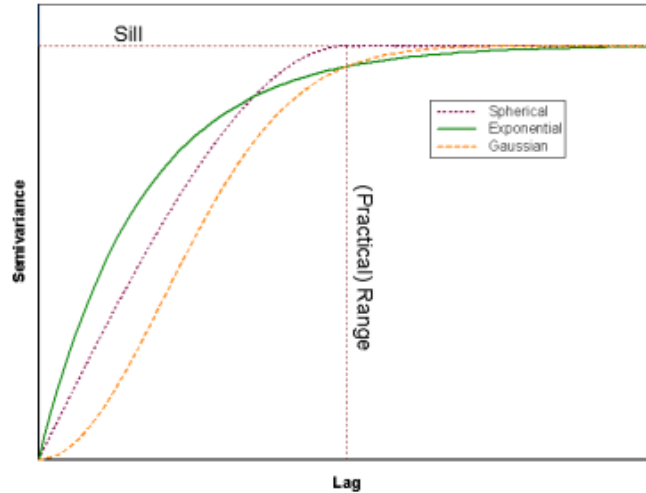
$$\gamma(h) = c \left[ 1 - \exp \left( -\frac{h}{a} \right) \right] \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.7})$$

### 3. Model *Gaussian*

Model *gaussian* merupakan bentuk kuadrat dari *eksponensial* sehingga menghasilkan bentuk parabolik pada jarak yang dekat. Model *gaussian* dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = c \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right)^2 \right] \dots\dots\dots (Pers. 2.8)$$

Berikut gambar ketiga model semivariogram teoritis :

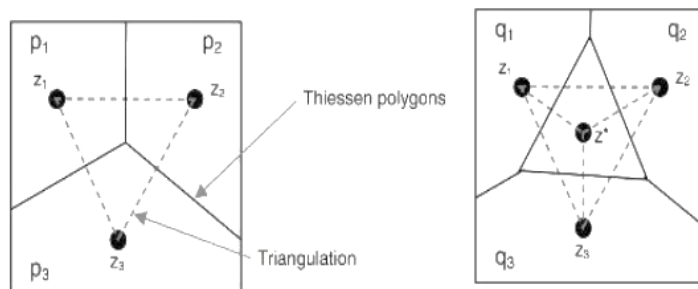


Gambar 4. Model semivariogram (Abid dkk, 2013)

Berikut merupakan contoh penelitian yang menggunakan teknik metode kriging seperti pada penelitian Aswant (2016) Pada metode *kriging* terdapat variasi parameter semivariogram dengan perubahan nilai sampel. Adapun variasi semivariogramnya yaitu *Spherical*, *Ekspensial*, *Gaussian*, *Circular* dan *Linier*. Nilai sampel yang digunakan 6, 12, 18 dan 24.

### 2.5.3 Natural Neighbor

Metode interpolasi *Natural Neighbor* dikenal juga dengan interpolasi sibson atau “*area-Stealing*” dimana metode ini bekerja mencari titik-titik yang berdekatan dengan titik sampel dan mengaplikasikan bobot (*weight*) pada titik-titik tersebut. Sifat dasar dari metode interpolasi ini adalah “lokal” dimana hanya menggunakan sampel yang berada disekitar titik yang ingin di interpolasi (Aswant, 2016).



Gambar 5. Diagram Voronoi (Thiessen Polygon)

Konsep dasar dari perhitungan elevasi dengan menggunakan Thiessen polygon dapat dilihat pada (Gambar 5). Tidak seperti IDW, nilai *weight* dihitung berdasarkan luas area di sekitar titik-titik yang akan di interpolasi bukan berdasarkan jarak. Jika  $p_i$  dan  $q_i$  merupakan area *theissen polygon* dari titik-titik sampel  $z_i$  sebelum dan sesudah penambahan  $z$ , maka bobot (*weight*) untuk titik sampel  $z_i$  dirumuskan yaitu :

$$w_i = \frac{p_i - q_i}{p_i} \dots\dots\dots (Pers. 2.9)$$

Berikut merupakan contoh penelitian Pasaribu dkk (2012) menggunakan teknik metode *natural neighbor* yang hanya menginterpolasi sampel dari sekitar sel, sehingga ketinggian yang diinterpolasi akan mirip dengan nilai ketinggian titik sampel yang digunakan. Pada metode interpolasi ini digunakan sistem theissen polygon yang menghitung nilai interpolasi titik berdasarkan luas area yang berpengaruh terhadap titik interpolasi tersebut (Pasaribu dan Haryani, 2012).

#### 2.5.4 Spline

Metode interpolasi *Spline* adalah salah satu metode interpolasi spasial yang mengestimasi nilai dengan fungsi matematika yang meminimalisir total kelengkungan permukaan (Hamdi, 2018). Efek *stretching* yang dimiliki *spline* sangat berguna jika kita ingin memperkirakan nilai dibawah nilai minimum dan nilai diatas nilai maksimum yang mungkin ditemukan dalam data set yang digunakan. Persamaan yang digunakan pada metode *spline* adalah dengan menggunakan formula interpolasi permukaan :

$$s(x, y) = \gamma(x, y) + \sum_{i=1}^N \lambda_i R(r_i) \dots\dots\dots (Pers. 2.10)$$

Keterangan :

$j$  : 1,2,... n

$N$  : jumlah titik

$\lambda_j$  : koefisien yang ditemukan dari sistem persamaan linier

$r_j$  : jarak antara titik (x,y) ke titik  $j_{th}$

Keuntungan dari metode ini adalah hanya sejumlah kecil data yang dapat digunakan untuk menghasilkan akurasi permukaan yang cukup baik. Permukaan seperti permukaan tanah, permukaan air, dan konsentrasi polutan udara dapat dibuat dengan menggunakan teknik ini. Metode ini tidak bekerja dengan baik dalam keadaan ketika ada variasi nilai yang cukup besar pada jarak dekat, dan memiliki kelemahan tidak bekerja secara efektif ketika lokasi sampel tetangga memiliki varians nilai yang besar.

Berikut merupakan contoh penelitian Pasaribu dan Haryani (2012) yang menggunakan teknik metode *spline* dengan menggunakan beberapa pembobotan untuk kedua jenis interpolasi *spline* yaitu *regularized spline* sebesar 0,1 dan 0,5 dan *tension spline* dengan menggunakan *power* sebesar 0 dan 5.

## 2.8. RMSE

RMSE (*Root Mean Square Error*) adalah suatu angka yang menunjukkan akurasi suatu data dalam kaitannya dengan sistem koordinat. Semakin besar nilai RMSE maka dipastikan semakin besar pula kesalahan letak (informasi posisi) pada data tersebut (Suprayogi, 2014). Berikut rumus RMSE yang dipakai :

$$\text{RMSE} = \frac{\sqrt{\sum(X-Y)^2}}{n} \dots\dots\dots (\text{Pers.2.11})$$

Keterangan :

X : Nilai estimasi IAL hasil interpolasi

Y : Nilai IAL berdasarkan data lapangan

n : Jumlah data lapangan

Dengan melihat nilai RMSE (mendekati 1) maka dipastikan semakin besar pula kesalahan letak informasi posisi pada data tersebut. Oleh karena itu nilai uji akurasi (RMSE) dari setiap metode dan skenario, nilai *root mean square error* (RMSE) harus mendekati 0. Artinya nilai yang diprediksi harus dekat dengan nilai yang diukur (Chaidir, 2012). Karena semakin kecil nilai RMSE suatu model menandakan semakin akurat model tersebut (ESRI, 2011).



## 2.9. *Chi-Square*

*Chi-square* merupakan jenis uji statistik non parametris yang biasanya digunakan untuk membandingkan dua kelompok atau lebih berdasarkan data-data yang sudah dikategorikan (Heryana, 2020). Apabila dari 2 variabel, ada 1 variabel dengan skala nominal maka dilakukan uji *Chi-square* dengan merujuk bahwa harus digunakan uji pada derajat yang terendah. Ada beberapa syarat di mana uji *Chi-square* dapat digunakan yaitu:

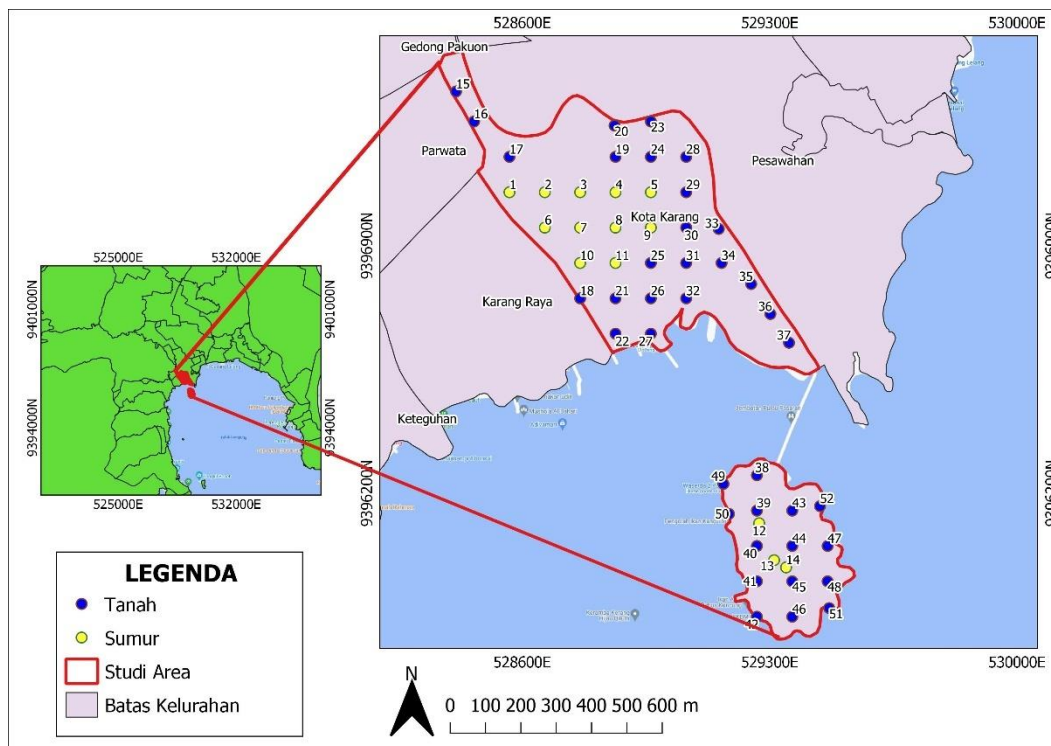
Terima  $H_1$  :  $X^2$  hitung  $>$   $X^2$  tabel artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel.

Tolak  $H_1$  :  $X^2$  hitung  $<$   $X^2$  tabel artinya tidak ada pengaruh yang signifikan antara variabel.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu

Kelurahan Kota Karang terletak di Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandar Lampung. Kelurahan Kota Karang merupakan dataran rendah terletak di sisi bantaran Sungai Way Belau yang langsung bermuara ke Laut Teluk Lampung serta dapat dilalui melalui akses jembatan menuju Pulau Pasaran. Luas wilayah Kelurahan Kota Karang  $\pm$  35 Ha, terdiri dari 2 Lingkungan dan 21 RT (Rukun Tetangga).



Gambar 6. Lokasi penelitian di Kelurahan Kota Karang, Bandar Lampung beserta distribusi titik sampel

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Mei 2022 sampai dengan Januari 2023. Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu :

Tabel 4. Waktu Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	Bulan									
	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari	
Studi Literatur										
Penyusunan Proposal										
Persiapan Administrasi										
Pengumpulan Data Sekunder										
Pengumpulan Data Primer										
Pengolahan Data										
Penyusunan Laporan Skripsi										

### 3.2. Data

#### 3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan oleh peneliti secara langsung di lapangan. Data primer yang digunakan pada penelitian ini meliputi data salinitas dan data koordinat. Data salinitas diambil melalui pengukuran nilai salinitas pada titik sampel tanah berdasarkan Nguyen *et al* (2020), dalam sampel tanah 7 gram dicampur dengan 35 ml air suling kemudian diaduk dengan hati-hati hingga air menjadi keruh hal ini dilakukan untuk melarutkan kandungan garam. Kemudian dicek kadar salinitas menggunakan alat salinometer *type* C-100. Untuk sampel dari sumur resapan dilakukan secara langsung dengan mengambil air sumur resapan. Kedalaman sumur resapan adalah 3 meter, dengan panjang bidang resapan 0,5 meter dan diameter sumur 1 meter (Herlambang dkk., 2018)

Tabel 5. Data Primer dalam studi intrusi air laut

No	Data	Alat / Metode
1	Salinitas	Salinometer <i>type</i> C-100
2	Koordinat sumur dan tanah	<i>Avenza maps</i>

Peralatan lapangan yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu menggunakan Salinometer *type* C- 100 yaitu alat untuk mengetahui tingkat salinitas dan *Avenza Maps* yaitu salah satu aplikasi yang digunakan untuk mengetahui data koordinat titik sampel yang telah ditentukan saat di lapangan.

### 3.2.2 Data Sekunder

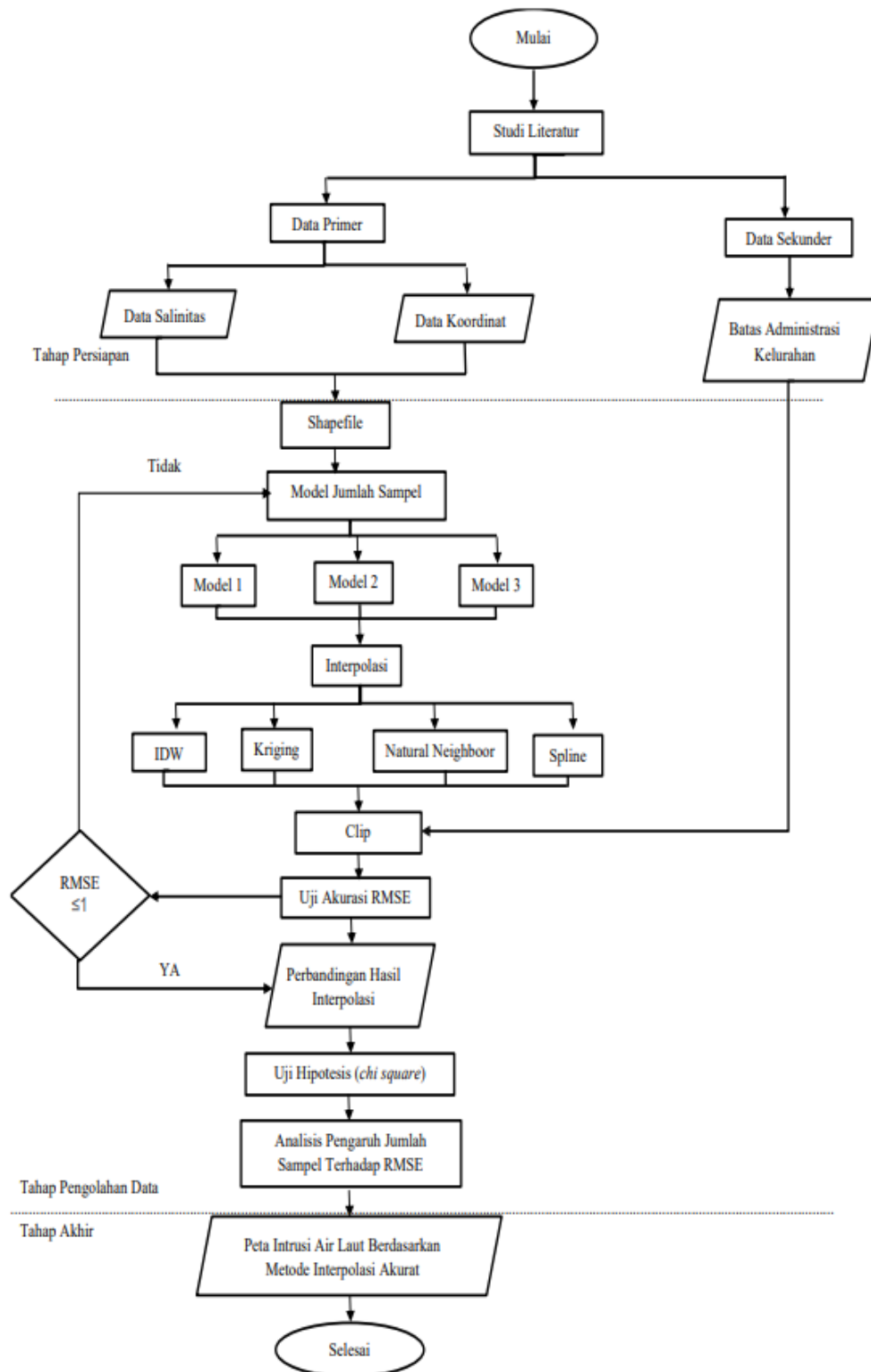
Data sekunder adalah sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data. Seperti dari orang lain atau dokumen-dokumen. Data sekunder bersifat data yang mendukung keperluan data primer (Sugiyono, 2008). Data sekunder yang dipakai pada penelitian ini yaitu data peta administrasi kelurahan Bandar Lampung yang diperoleh dari <https://www.indonesia-geospasial.com/> dengan format *Shapefile*. Detail data sekunder terdapat pada (Tabel 6) berikut ini :

Tabel 6. Detail data peta administrasi

No	Data	Format	Tipe	Sumber
1	Batas Administrasi Kelurahan	Vektor	Poligon	<a href="https://www.indonesia-geospasial.com/">https://www.indonesia-geospasial.com/</a>

### 3.3. Metode

Metode interpolasi IDW, *kriging*, *natural neighbor* dan *spline* nantinya keempat metode ini akan dibandingkan berdasarkan model jumlah titik sampel salinitas untuk memprediksi intrusi air laut di Kelurahan Kota Karang. Dengan melihat perbedaan output peta yang dihasilkan dan perbandingan RMSE dari setiap metode. Kemudian dapat menghasilkan metode mana yang baik digunakan dan lebih akurat dalam memprediksi intrusi air laut di Kelurahan Kota Karang. Dari hasil perbandingan RMSE keempat metode interpolasi tersebut akan di uji hipotesis apakah ada hubungan semakin banyak sampel yang digunakan dan distribusi sampel tersebar merata dengan metode interpolasi untuk memprediksi IAL maka hasil uji akurasi RMSE akan semakin kecil. Rincian keseluruhan rangkaian proses penelitian dapat dilihat pada (Gambar 7).



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

### 3.4. Pengambilan Data Lapangan

Data lapangan yang diambil berupa nilai salinitas dan data koordinat. Data salinitas yang diambil merupakan salinitas diatas permukaan yaitu tanah dan dibawah permukaan. Penentuan titik sampel dilakukan menggunakan teknik *stratified purposive sampling* yaitu pengambilan data dengan mempertimbangkan jarak setiap titiknya yang bertujuan agar informasi yang diperoleh lebih representatif (Sugiyono, 2017). *Stratified purposive sampling* dapat digunakan dalam penentuan sampel berbasis area atau ruang di permukaan bumi. Hal itu dapat dilakukan dengan cara membagi daerah penelitian menggunakan grid dengan ukuran sesuai kebutuhan. Sampel sumur dan sampel tanah dapat ditentukan sesuai jarak  $\pm 100$  meter di dalam setiap grid, sehingga diperoleh 52 titik sampel yang terdiri dari 14 sampel sumur dan 38 sampel tanah.

Tabel 7. Data Sampel Sumur

Longitude	Latitude	Id	Salinitas (part per million)	Salinitas (%)
-5.454847	105.257846	1	359	0,0359
-5.463315	105.264238	2	1030	0,103
-5.454848	105.258748	3	555	0,0555
-5.455756	105.258753	4	464	0,0464
-5.464259	105.264616	5	5990	0,599
-5.464442	105.264922	6	5250	0,525
-5.454843	105.259646	7	101	0,0101
-5.455751	105.259649	8	419	0,0419
-5.456661	105.259645	9	121	0,0121
-5.454835	105.260551	10	388	0,0388
-5.455772	105.260572	11	488	0,0488
-5.456653	105.260564	12	520	0,052
-5.454848	105.261454	13	2760	0,276
-5.455751	105.261466	14	1740	0,174

Tabel 8. Data Sampel Tanah

Longitude	Latitude	Id	Salinitas (ppm)	Salinitas (%)
-5.452268	105.256481	15	86	0,0086
-5.453036	105.25694	16	65	0,0065
-5.453942	105.257845	17	135	0,0135
-5.457565	105.259657	18	45	0,0045

-5.453132	105.260529	19	144	0,0144
-5.453939	105.26055	20	62	0,0062
-5.457572	105.260547	21	45	0,0045
-5.458457	105.260562	22	44	0,0044
-5.453030	105.261446	23	54	0,0054
-5.362049	105.249596	24	89	0,0089
-5.456667	105.261457	25	53	0,0053
-5.457541	105.261453	26	74	0,0074
-5.458457	105.261459	27	74	0,0074
-5.362054	105.249575	28	19	0,0019
-5.362056	105.249576	29	177	0,0177
-5.455775	105.262362	30	736	0,0736
-5.456645	105.262345	31	120	0,012
-5.457563	105.262362	32	503	0,0503
-5.455790	105.263184	33	49	0,0049
-5.456653	105.263266	34	3590	0,359
-5.457189	105.263997	35	124	0,0124
-5.457963	105.264520	36	267	0,0267
-5.458697	105.264971	37	910	0,091
-5.462083	105.264168	38	1340	0,134
-5.462978	105.264168	39	507	0,0507
-5.463892	105.264165	40	202	0,0202
-5.464798	105.264169	41	1170	0,117
-5.465546	105.264166	42	967	0,0967
-5.462987	105.265070	43	252	0,0252
-5.463892	105.265068	44	739	0,0739
-5.464795	105.265071	45	86	0,0086
-5.465688	105.265074	46	3080	0,308
-5.463888	105.265973	47	1990	0,199
-5.464796	105.265974	48	359	0,0359
-5.462305	105.263311	49	3080	0,308
-5.463068	105.263452	50	2520	0,252
-5.465456	105.266011	51	2100	0,21
-5.462753	105.265679	52	2000	0,2

### 3.5. Pengolahan Data

#### 3.5.1 Pembentukan Data Spasial

Pembentukan data spasial dengan mengolah data titik koordinat dan data salinitas ke *excel* sehingga data berupa tabel dan kemudian mengubah format menjadi format *delimited text* (CSV). Selanjutnya, data tersebut diolah di QGIS

3.6 melalui proses konversi CSV ke *shapefile* dan menjadi data vektor berupa titik-titik (*point*).

### 3.5.2 Karakteristik Intrusi Air Laut (IAL) Hasil Survei

IAL berdasarkan sumber perolehan data lapangan dibagi menjadi dua yaitu intrusi air laut di bawah permukaan seperti sumur terdiri dari 14 sampel dan intrusi air laut di atas permukaan seperti tanah terdiri dari 38 sampel. Dari keseluruhan data lapangan dibagi menjadi empat kategori yaitu tidak salin, sedikit salin, salin dan sangat salin. Pada sumber air di tanah kategori tidak salin ada direntang nilai 0.0019 s/d 0.0177%, kategori sedikit salin ada pada rentang 0.0202 s/d 0.359%, kategori salin ada pada rentang 0.0503 s/d 0.0967% dan kategori sangat salin ada pada rentang 0.117 s/d 0.259%. Sedangkan untuk sumber air sumur kategori tidak salin ada pada rentang nilai 0.0101 s/d 0.488%, kategori sedikit salin ada pada rentang nilai 0.052 s/d 0.055%, kategori salin ada pada rentang nilai 0.103 s/d 0.174% dan kategori sangat salin ada pada rentang 0.525 s/d 0.599%. Berikut daftar nilai salinitas dari rendah ketinggian di beberapa titik sampel dapat dilihat pada (Tabel 9).

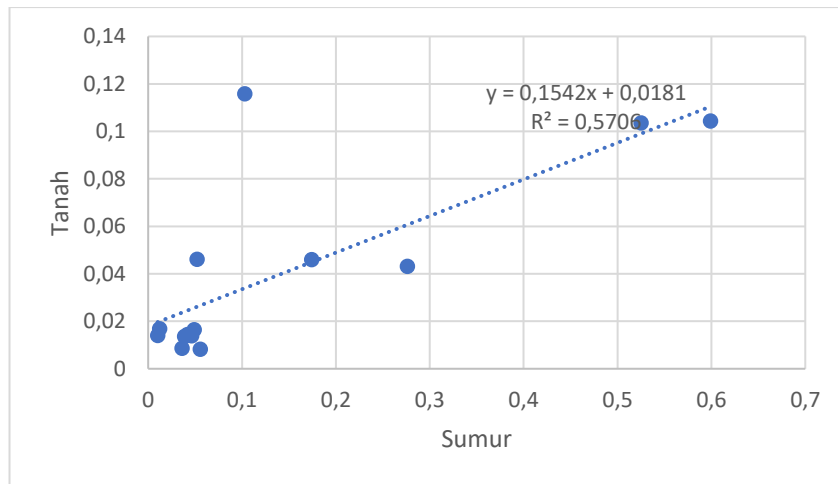
Tabel 9. Karakteristik IAL berdasarkan sumber air dan kategori

Sumber Air	Kategori	Minimal (%)	Maksimal (%)
Sumur	Tidak Salin	0,0101	0,0488
	Sedikit Salin	0,052	0,055
	Salin	0,103	0,174
	Sangat salin	0,525	0,599
Tanah	Tidak Salin	0,0019	0,0177
	Sedikit Salin	0,0202	0,0359
	Salin	0,0503	0,0967
	Sangat Salin	0,117	0,359

Berdasarkan distribusi intrusi air laut yang diperoleh dari hasil ekstraksi sumur dan tanah memiliki nilai salinitas berbeda. Perbedaan itu dapat dilihat dari nilai rentang minimal dan maksimal. Meskipun terlihat beda, namun keduanya dapat digunakan di satu area yang sama dengan menggunakan klasifikasi tingkat salinitas pada (Tabel 1) tanpa membedakan antara sumur dan tanah. Oleh karena

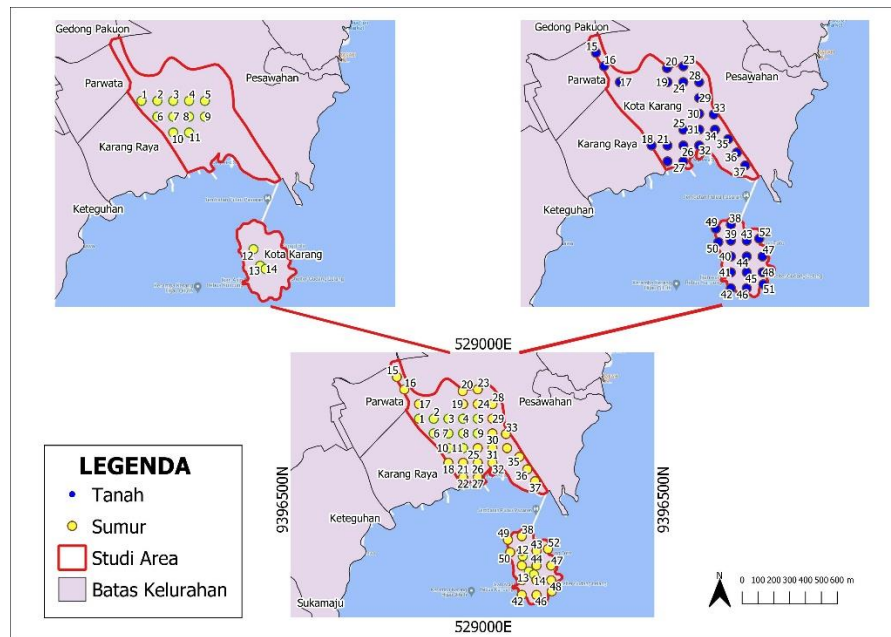


itu dibuat persamaan regresi untuk mengetahui hubungan keduanya seperti dilihat pada (Gambar 8) dibawah ini :



Gambar 8. Diagram sebar untuk hubungan nilai IAL dari data sampel tanah dan air sumur

Dari gambar diatas dapat dilihat hubungan salinitas tanah dan sumur sehingga diperoleh  $y = 0,1542x + 0,0181$  dengan nilai regresinya 0,5706 artinya keduanya memiliki hubungan sedang. Persaman ini akan digunakan untuk memprediksi IAL pada sumur. karena jumlah sampel pada sumur sedikit hanya bisa menggunakan model 1 untuk interpolasi dan tidak memungkinkan melakukan kedua model interpolasi yang lain. Sehingga untuk menambah kekurangan jumlah sampel dilakukanlah prediksi. Titik-titik di lapangan yang semula sampel tanah digunakan untuk memprediksi sumur dapat dilihat pada (Gambar 9).



Gambar 9. Penambahan sampel sumur dengan prediksi

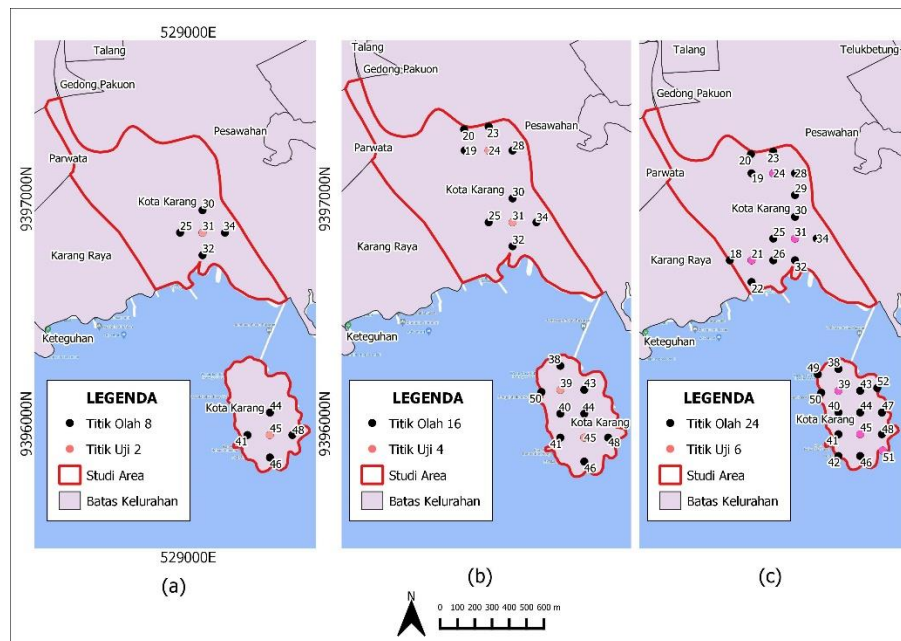
### 3.5.3 Skenario Prediksi IAL Berdasarkan Interpolasi Spasial dan Distribusi Data Sampel

Pada tahap ini keseluruhan data dibagi menjadi 2 yaitu data titik observasi akan dipakai untuk pengolahan data dengan menggunakan metode interpolasi yaitu IDW, *kriging*, *spline*, *natural neighbor*. Sementara data titik uji dipakai untuk uji akurasi RMSE. Keempat metode interpolasi tersebut akan digunakan berulang berdasarkan skenario pembagian distribusi titik observasi dan titik uji. Adapun pasangan jumlah titik observasi dan titik uji dari setiap skenario tidaklah sama melainkan dipilih secara acak sehingga diperoleh (Tabel 10) dan distribusi dapat dilihat dengan jelas pada peta dibawah ini :

Tabel. 10 Skenario interpolasi spasial untuk penentuan hasil prediksi terbaik berdasarkan distribusi jumlah titik observasi dan titik uji

No	Skenario	Sampel	Jumlah Titik Observasi	Jumlah Titik Uji
1	Model 1	10	8	2
2	Model 2	20	16	4
3	Model 3	30	24	6

Hasil interpolasi dapat beragam secara signifikan bergantung pada metode dan jumlah sampel yang digunakan. Berikut adalah beberapa model titik sampel yang digunakan untuk interpolasi dapat dilihat pada (Gambar 10) :



Gambar 10. Model titik sampel model 1 (a) model 2 (b) model 3 (c)

### 3.5.4 Interpolasi

Interpolasi merupakan salah satu menu yang disediakan ArcToolbox pada software Qgis 3.6 yang memiliki kemampuan mencari nilai diantara beberapa titik data yang telah diketahui. Metode Interpolasi yang digunakan yaitu metode Inverse Distance Weighted (IDW), *kriging*, *natural neighbor* dan *spline*. Pada Metode IDW dilakukan menggunakan *power 2*. Pada metode Kriging terdapat parameter semivariogram yang digunakan yaitu *gaussian*. metode *natural neighbor* menggunakan pendekatan tetangga terdekat dan metode *spline* menggunakan pembobotan yaitu *regularized*. Nilai sampel yang digunakan dari keempat metode interpolasi yaitu 10, 20 dan 30 sampel.

### 3.5.5 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil prediksi intrusi air laut berdasarkan metode IDW, *kriging*, *spline*, *natural neighbor*. Hasil uji akurasi dapat memperlihatkan ketelitian metode interpolasi yang dipakai. Akurasi diukur dengan menghitung *root mean square error (RMSE)* dan melihat nilai hasil

interpolasi yang sesuai dengan nilai minimum dan maksimum data sampel. Metode ini digunakan untuk menentukan metode interpolasi yang paling optimal digunakan. Cara mencari nilai RMSE dengan *Extract multi value by point* yang terdapat dalam Qgis, untuk mengambil nilai yang telah diinterpolasi. Kemudian selisih nilai salinitas dari data sampel yang digunakan untuk interpolasi dikurangi dengan nilai salinitas hasil interpolasi dan hasilnya dikuadratkan. Hasil yang telah di kuadratkan kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan rata-rata dari nilai eror kuadrat, selanjutnya hasil rata-rata diakarkan.

Tabel 11. Nilai salinitas dan estimasi nilai salinitas hasil interpolasi pada sampel sumur

Skenario	No Sampel	Salinitas (%)	Estimasi Nilai Salinitas Hasil Interpolasi			
			IDW	<i>Kriging</i>	<i>Natural Neighbor</i>	<i>Spline</i>
Model 1	5	0,049	0,073	0,083	0,08	0,074
	8	0,276	0,094	0,094	-	0,143

Tabel 12. Nilai salinitas dan estimasi nilai salinitas hasil interpolasi pada sampel tanah

Skenario	No Sampel	Salinitas (%)	Estimasi Nilai Salinitas Hasil Interpolasi			
			IDW	<i>Kriging</i>	<i>Natural Neighbor</i>	<i>Spline</i>
Model 1	31	0,012	0,131	0,132	0,131	0,112
	45	0,009	0,133	0,133	0,133	0,173
Model 2	24	0,009	0,017	0,012	0,009	-0,026
	31	0,012	0,123	0,123	0,131	0,112
	39	0,051	0,127	0,128	0,129	0,074
	45	0,009	0,12	0,147	0,133	0,159
Model 3	21	0,005	0,019	0,012	0,005	0,016
	24	0,009	0,017	0,007	0,007	-0,011
	31	0,012	0,102	0,14	0,131	0,104
	39	0,051	0,151	0,129	0,13	0,059
	45	0,009	0,129	0,145	0,133	0,176
	51	0,21	0,129	0,136	-	0,04

Tabel 13. Nilai salinitas dan estimasi nilai salinitas hasil interpolasi pada penambahan jumlah sampel sumur

Skenario	No Sampel	Salinitas (%)	Estimasi Nilai Salinitas Hasil Interpolasi			
			IDW	Kriging	Natural Neighbor	Spline
Model 1	31	0,526	0,5006	0,4983	0,5006	0,5079
	45	0,1074	0,106	0,1079	0,1061	0,1061
Model 2	24	0,1398	0,1164	0,1088	0,1095	0,1141
	31	0,1074	0,106	0,1059	0,1061	0,1132
	39	0,1491	0,1587	0,191	0,1993	0,2308
Model 3	45	0,526	0,5074	0,5279	0,5006	0,5787
	21	0,059	0,0608	0,0613	0,0653	0,0654
	24	0,1398	0,1199	0,1153	0,1128	0,0989
	31	0,1074	0,1087	0,1083	0,1061	0,1059
	39	0,1491	0,1672	0,1947	0,2011	0,1833
	51	0,4864	0,467	0,4788	-	0,4637

### 3.5.6 Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan menggunakan *chi square* untuk mengetahui hubungan jumlah dan distribusi sampel dengan hasil RMSE. Hipotesis  $H_1$  yang digunakan pada penelitian ini adalah  $H_1$  ditolak berarti tidak ada pengaruh yang signifikan antara variabel dan  $H_1$  diterima berarti terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel. Maka dari itu uji *chi-square* digunakan untuk mengetahui hubungan antara bertambahnya jumlah sampel terhadap hasil RMSE akan semakin kecil atau akurat. Berikut dapat dilihat (Gambar 11) Pengolahan *chi-square* dilakukan menggunakan *software R studio*.

	IDW	KRIGING	NATURAL	SPLINE
10P	0.0179	0.0128	0.0179	0.0196
10S	0.1298	0.1908	0.0912	0.1311
10T	0.1210	0.1224	0.1219	0.1365
20P	0.0149	0.0260	0.0319	0.0503
20T	0.0673	0.0970	0.0948	0.0928
30P	0.0135	0.0214	0.0286	0.0266
30T	0.0812	0.0884	0.0850	0.1050

```

Showing 1 to 7 of 7 entries, 4 total columns
Console Terminal Jobs
R 4.1.1 - D:/Skripsi TA/DATA KELURAHAN KOTA KARANG/CHI SQUARE/ga/h/
Pearson's Chi-squared test
data: ga
X-squared = 0.086709, df = 18, p-value = 1

```

Gambar 11. Pengolahan *chi-square* antara model jumlah sampel dengan nilai RMSE di *R studio*

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan kajian yang dilakukan untuk melihat kemampuan beragam teknik interpolasi dalam memprediksi intrusi air laut (IAL), maka dapat diambil sejumlah kesimpulan diantaranya:

1. Kemampuan dari interpolasi dapat memprediksi IAL di Kelurahan Kota Karang dengan distribusi jumlah sampel salinitas. Namun, tidak semua teknik interpolasi dapat menghasilkan akurasi yang baik. Dari keempat teknik interpolasi yang dipakai, hanya IDW yang bisa dipakai. Hal ini didasarkan pada hasil perhitungan rentang nilai prediksi dan uji akurasinya.
2. Hasil uji statistik menggunakan *chi-square* ( $X^2$ ) diperoleh adanya nilai  $X_{hitung}^2$   $867,09 < X_{tabel}^2$  sebesar 28,869299, maka hipotesis akhir ( $H_1$ ) diterima yang berarti jumlah sampel dan distribusi sampel ada pengaruh terhadap hasil akurasi. Karena semakin banyak jumlah sampel yang dipakai dan distribusi sampel tersebar secara merata maka hasil akurasi akan semakin kecil.
3. Acuan ketelitian hasil uji RMSE diperoleh bahwa metode interpolasi IDW dengan menggunakan jumlah sampel 30 lebih akurat untuk memprediksi IAL dibandingkan ketiga metode interpolasi lainnya. Metode interpolasi IDW mempunyai nilai RMSE terkecil sebesar 0,081 dan 0.013568 untuk data yang berasal dari tanah dan air sumur. Sedangkan hasil uji akurasi menggunakan sampel sumur dengan jumlah sampel 10 RMSE akurat pada metode spline karena memiliki kemampuan untuk menghasilkan akurasi permukaan yang cukup baik walaupun data yang digunakan hanya sedikit
4. Dari hasil tabel konsisten metode IDW, *spline* dan *natural neighbor* menghasilkan nilai prediksi salinitas yang konsisten yang berarti kategori salinitas dari model 1 hingga model 3 sama. Akan tetapi hanya metode IDW

yang menghasilkan nilai prediksi hampir sama dengan data salinitas lapangan dari pada metode *spline* dan metode *natural neighbor*.

5. Dari hasil prediksi intrusi air laut menggunakan metode IDW daerah tercemar intrusi air laut di Pulau Pasaran sekitar 99% dan di Pulau Utama Kelurahan Kota Karang sekitar 86%.

## 5.2. Saran

Setelah penelitian ini selesai dilaksanakan, tentunya ada banyak kekurangan dan hal penting lainnya yang belum dapat diakomodasi. Kekurangan tersebut disajikan dalam sejumlah saran yang dapat dijadikan panduan perbaikan untuk penelitian selanjutnya. Saran tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan metode interpolasi untuk memprediksi IAL di Kelurahan Kota Karang dengan data tunggal dapat dijadikan rekomendasi menggunakan metode IDW dengan jumlah sampel sebanyak tiga puluh (30) buah yang tersebar secara merata dan dengan jarak yang sama antar titik sampelnya (rapat).
2. Untuk memprediksi intrusi air laut menggunakan metode interpolasi sebaiknya diujikan juga dengan data yang lain dengan lokasi yang sama seperti elevasi, TDS, EC, jenis tanah, dan data pasang surut. Hal ini akan memastikan apakah metode yang sama bisa digunakan untuk data dengan kisaran dan nilai yang berbeda.
3. Didalam hal survei lapangan, akan lebih baik untuk mengumpulkan sampel yang mencakup wilayah studi secara tersebar dan merata. Hal ini akan berpengaruh pada kualitas interpolasi. Selain itu sampel yang tersebar secara merata juga memungkinkan digunakan untuk mengecek keberhasilan hasil interpolasi secara lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abid, A., Yasin, H., & Rahmawati, R., 2013. Estimasi Kandungan Hasil Tambang Menggunakan *Ordinary Indicator Kriging*, 3, 38 (3), 1–10.
- Ashriyati, H., 2011. Kajian Kerentangan Pada Wilayah Terintrusi Air Laut Di Dki Jakarta. Program Pasca Sarjana Ilmu Geografi UI.
- Aslam, K., Rashid, S., Saleem, R., & Aslam, RMS (2015). Use of Geospatial Technology for Assessment of Waterlogging & Salinity Conditions in the Nara Canal Command Area in 10 Sindh, Pakistan. *Journal of Geographic Information Systems*. <https://doi.org/10.4236/jgis.2015.74035>.
- Aswant, I. AL, 2016. Analisis Perbandingan Metode Interpolasi untuk Pemetaan pH Air Pada Sumur Bor di Kabupaten Aceh Besar Berbasis SIG. *UPT Perpustakaan Universitas Syiah Kuala*, 1–76.
- Azapurua, M., and K. D. Ramos, 2010, A Comparizon of Spatial Interpolation Methods for Estimation of Average Electromagnetic Field Magnitude.
- Bagas, A., 2017. Identifikasi intrusi air laut pada air tanah menggunakan metode induced polarization: studi kasus daerah surabaya timur. Program studi Teknik Geofisika ITS.
- Brbulescu, A. and Dumitriu, C., 2020. Soil salinity mapping by different interpolation methods in Mirzaabad district , Syrdarya Province.
- Bhomwik, A.K. (2012). Evaluation of Spatial Intepolation Techniques for Mapping Climate Variables with Low Sample Density (A case study using a new gridded dataset of Bangladesh). Dissertation of Universidade Nova de Lisboa. Portugal.
- Cahyadi, A., Marfai, M.A., Tivianton, T.A., and Hidayat, W., 2017. Kajian Distribusi Spasial Salinitas Airtanah Berdasarkan Kandungan Klorida Di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Dki Jakarta.
- Chaidir, W. 2012. Analisis Sebaran Iklim Klasifikasi Schmidt-Ferguson Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Banteng Sulawesi



- Elysia, V., 2018. Air Dan Sanitasi : Dimana Posisi Indonesia. Peran Matematika, Sains, dan Teknologi dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan/SDGs, 157–179.
- ESRI. 2011. How Kriging Works.
- Fajri, I., 2016. Perbandingan Metode Interpolasi IDW, Kriging, dan Spline pada Data Spasial Suhu Permukaan Laut, 6–11.
- Febriarta, E., Vienastra, S., Suyanto, A., and Larasati, A., 2020. Pengukuran Dasar Telaga menggunakan Alat Perum Gema Untuk Menghasilkan Peta Batimetri di Telaga Winong Yogyakarta. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 18 (1), 50–59.
- Hadi, B. S. (2013). Metode Interpolasi Spasial Dalam Studi Geografi (Ulasan Singkat dan Contoh Aplikasinya). *Jurnal Geomedia*, Volume 11 No.2.
- Hamdi, F., 2018. Identifikasi dan Pemetaan Kualitas Air Tanah di Kota Surabaya, 103.
- Herlambang, A., Indriatmoko, R.H., Yudo, S., and Samsuhadi, S., 2018. Uji Coba Aplikasi Pemanenan Air Hujan Dan Sumur Resapan Di Wilayah Bogor, Depok Dan Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*, 6 (2), 187–197.
- Heryana, A. (2020) ‘Jumlah kelompok Fungsi Syarat data’, Universitas Esa Unggul, (May), pp. 1–20. doi: 10.13140/RG.2.2.23266.15047.
- Jensen, J dan Jensen R. 2013, *Introductory Geographic Information Systems*, Pearson, United State of America.
- Monografi Kota Karang., 2016. Kelurahan Kota Karang Kecamatan Teluk Betung Timur Kota Bandar Lampung.
- Kurniadi, H., Aprilia, E., Utomo, J.B., Kurniawan, A., and Safril, A., 2018. Perbandingan Metode IDW Dan Spline dalam Interpolasi Data Curah Hujan. *Prosiding Seminar Nasional GEOTIK 2018*, 213–220.
- Largueche, F.Z.B. 2006. Estimating Soil Contamination with Kriging Interpolation Method. *American Journal of Applied Sciences*: Vol. 3, No. 6. Hal:1894-1898.

- Li, J., and Heap, A. D. (2008). A Review of Spatial Interpolation Methodes for Environmental Sciences, 9(6), 1809-1816.
- Nguyen, K.A., Liou, Y.A., Tran, H.P., Hoang, P.P., and Nguyen, T.H., 2020. Soil Salinity Assessment by Using Near-infrared Channel and Vegetation Soil Salinity Index derived from Landsat 8 OLI Data: A Case Study in the Tra Vinh Province, Mekong Delta, Vietnam. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7 (1), 1–16.
- Okma, A., 2020. Interpolasi Konsentrasi Zat Padat Terlarut Pada Air Tanah Menggunakan Metode Kokriging Multivariabel Sekunder.
- Pangestu, T.P., Maritim, U., Ali, R., Goh, E., Maritim, U., Ali, R., Ismail, K., Maritim, U., and Ali, R., 2021. Tugas Paper kelompok 6 pembangunan berkelanjutan sdgs 2030 : clean water and sanitation . ( goal 6 ), (june).
- Pasaribu, J.M. dan Haryani, N.S., 2012. Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM dengan Metode Inverse Distance Weighted (IDW), Natural Neighbor dan Spline (Comparison of DEM SRTM Interpolation Techniques Using Inverse Distance Weighted (IDW), Natural Neighbor and Spline Method). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 9 (2), 126–139.
- Phachomphon, K., Dlamini, P., Chaploi, V., (2010). Estimating carbon ctock at a regional level using soil information and easily accesible auxiliary variables. *Geoderma* 155, 372 – 380.
- Pramono G.H., 2008, Akurasi Metode IDW dan Kriging Untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan, *Forum Geografi*, Vol. 22, No. 1, pp. 145-158.
- Puteri, A.S., 2019. Perbandingan Metode Interpolasi Secara Spasial Serta Evaluasi Kerapatan Minimum Stasiun Pengamat Hujan Di Sulawesi Selatan. Universitas Hasanuddin.
- Rakhmad, Yulianto,G., Damar,A.,2021 Sebaran Spasial Intrusi Air Laut di Wilayah Pesisir Teluk Banten dan Alternatif Upaya Pengendaliannya, 1-15.
- Rizky, R.W., 2021. Identifikasi Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2D di Daerah Surabaya Timur.
- Subing, G. (2016). Pulau Pasaran Lampung Pulaunya Para Nelayan, p. 1.

- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Alfabeta, Bandung.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung : Alfabeta.
- Suprayogi, I., Trimajon, and Mahyudin, 2014. Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (ZST) (Studi Kasus : Sub DAS Siak Hulu). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1 (1), 1–18.
- Syaeful Hadi, B., 2015. *Metode Interpolasi Spasial Dalam Studi Geografi (Ulasan Singkat dan Contoh Aplikasinya)*. Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian, 11 (2).
- Sekretaris Negara., 2004. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Sumber Daya Air. *Sekretaris Negara Republik Indonesia*, 1–61.
- Wardhana, R.R., Warnana, D.D., and Widodo, A., 2017. Identifikasi Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2D Studi Kasus Surabaya Timur. *Jurnal Geosaintek*, 3 (1), 17.
- Winarno, Aryanto,U., 2018. Kajian Sebaran Salinitas di Daerah Pesisir Desa Sugih Waras Kecamatan Adi Mulyo Kabupaten Jawa Tengah, 22 (2), 184–206.
- WHO/UNICEF, 2017. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene - Joint Monitoring Programme 2017 Update and SDG Baselines. *World Health Organization*, 66.