

TUGAS AKHIR

**ANALISIS SEBARAN SALINITAS AIR BERBASIS SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS (STUDI KASUS SUNGAI TALLO)**

**ANALYSYST OF WATER SALINITY SPREAD USING
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (STUDY CASE IN
TALLO RIVER)**

**NURUL ANNISA
D011 17 1316**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**ANALISIS SEBARAN SALINITAS AIR BERBASIS SISTEM INFORMASI
GEOGRAFIS (STUDI KASUS SUNGAI TALLO)**

Disusun dan diajukan oleh:

NURUL ANNISA

D011 17 1316

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 12 Oktober 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

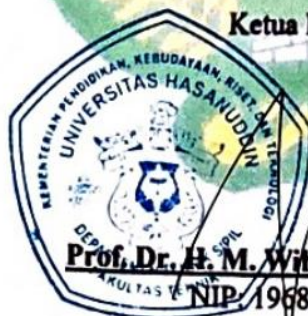
Pembimbing II,

Dr.Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT
NIP: 1973051219990031002

Ir. Andi Subhan Mustari, ST, M.Eng
NIP: 197605312005011004

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Nurul Annisa, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Analisis Sebaran Salinitas Air Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Sungai Tallo)**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 21 September 2022

Yang membuat
pernyataan,



Nurul Annisa
NIM: D011 17 1316

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karuniaNya sehingga pada kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Sebaran Salinitas Air Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Sungai Tallo)**” yang merupakan syarat dalam rangka menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. **Bapak Taufiq Rachman Noer** dan **Ibu Nur Asiah** yang telah bersedia menjadi orang tua penulis dan tiada hentinya mendoakan, memberi perhatian, dukungan, kasih sayang, serta menjadi motivasi terbesar penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga besar **H. Manaf** dan **H. Bakri** yang tanpa dukungan mereka
3. **Prof. Dr. Ir. Wihardi Tjaronge, S.T., MT.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak **Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing I dan Kepala Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang tanpa bantuan beliau selama ini penulis tentu saja tidak akan mungkin bisa menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini..
5. Bapak **Ir. A.Subhan Mustari, ST., M.Eng** selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan masukan kepada penulis selama melaksanakan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama ini.
7. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan.
8. Saudara se-**PLASTIS 2018** atas segala momen dan bantuannya selama perkuliahan.

Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak, meskipun dalam laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Gowa,

Penulis

ABSTRAK

Sungai Tallo terletak di Kota Makassar Provinsi Sulawesi yang langsung bermuara ke laut. Informasi karakteristik salinitas di Sungai Tallo sangat penting karena pemanfaatannya sebagai sumber air baku, transportasi, perikanan dan sumber material konstruksi, yaitu pasir endapan sungai. Sebagai sungai yang melintasi berbagai kabupaten diharapkan memiliki kualitas yang baik dari segi salinitas, PH, suhu, serta kebersihannya. Namun banyaknya aktivitas pabrik menjadi salah satu faktor eksternal yang berpotensi menyebabkan terjadinya perubahan kualitas perairan, Serta adanya estuari sungai tallo yang dinamis . Seiring kemajuan teknologi, banyak sekali hal yang dapat memudahkan pengukuran salinitas perairan. Salah satunya adalah pemanfaatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG), dimana pengolahan dan penganalisisan dapat tercipta dari algoritma-algoritma yang dapat digunakan untuk memetakan pola sebaran salinitas perairan dimana biasanya digunakan didalam analisis spasial.

Penelitian ini menggunakan metode survey dengan melakukan pengukuran salinitas air pada 13 stasiun pengamatan di sepanjang sungai metode pengukuran konduktivitas untuk memperoleh kadar salinitas yang kemudian di interpolasi dengan 3 metode analisis yaitu analisis IDW, *Spline* dan *Kriging* menggunakan Arcgis 10.8 untuk mendapatkan pola penyebarannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Tallo berdasarkan analisis nilai salinitas pada aliran Sungai Tallo yang telah dilakukan dengan analisis IDW, *Spline* dan *Kriging* diketahui bahwa analisis yang paling efektif dengan ketersediaan data yang ada adalah analisis *Spline*. Dikarenakan untuk data dengan tingkat Galat yang sedikit yaitu IDW dan *Spline*. Akan tetapi, untuk IDW tidak dapat menginterpolasi seluruh daerah Penelitian. Dan berdasarkan klasifikasi Nybakken (1992) diketahui pola sebaran air Sungai tallo pada titik 1 hingga 3 termasuk kategori air tawar, pada titik 4 sampai 13 termasuk kategori tipe *estuary*. Sedangkan berdasarkan klasifikasi tingkat salinitas oleh Mc Lusky (1974) dapat diketahui bahwa pola sebaran air Sungai tallo pada titik 1 sampai 2 termasuk kategori air tawar/kategori *Fresh Water* kemudian pada titik 3 hingga 7 termasuk kategori air payau kategori air *Mesohaline*, pada titik 8 sampai 10 termasuk kategori *Polyhaline* serta *pada titik 11 sampai 13 termasuk* kategori air asin kategori *Marine*.

Kata Kunci: karakteristik salinitas, IDW, *Spline*, dan *Kriging*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah	3
E. Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Hidrologi.....	5
B. Kualitas Air	23
C. Sistem Informasi Geografis (SIG).....	30
D. ArcG/IS.....	35
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	50
A. Lokasi Penelitian	50
B. Metodologi Penelitian	51

C. Populasi dan Sampel	52
D. Sumber Data	53
E. Metode Penelitian.....	53
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	61
A. Situasi Sungai Tallo.....	61
B. Analisis Data Spasial.....	75
C. Klasifikasi Nilai Salinitas	89
D. Pola Sebaran Salinitas	92
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	100
A. Kesimpulan	100
B. Saran	100
DAFTAR PUSTAKA.....	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gambaran Komposisi Air di Bumi.....	6
Gambar 2. Letak <i>Aquiclude</i>	12
Gambar 3. Model Pemetaan Data Raster	33
Gambar 4. Model Pemetaan Citra Satelit.....	34
Gambar 5. Tampilan ArcGis 10.8.....	35
Gambar 6. Peta Lintasan Lokasi Penelitian	50
Gambar 7. Diagram Alir Metode dan Tahapan Penelitian	51
Gambar 8. Pengukuran Data Menggunakan Alat <i>Salinometer Refractometer</i>	54
Gambar 9. <i>Add Data ArcGis</i>	55
Gambar 10. Memilih Metode Interpolasi pada <i>ArcToolbox</i>	56
Gambar 11. <i>Input Point Features dan Z Value</i>	56
Gambar 12. <i>Input Mask pada Enviroments</i>	57
Gambar 13. Hasil Data <i>Raster Interpolation</i>	57
Gambar 14. Mengubah Data <i>Raster to Polygon</i>	58
Gambar 15. Merupa pada <i>Layout View</i>	58
Gambar 16. <i>Export</i> dan Menyimpan Peta	59
Gambar 17. Diagram Alir Metode Interpolasi	60
Gambar 18. Peta Stasiun Titik Pengambilan Data	63
Gambar 19. Grafik Nilai TDS	66
Gambar 20. Grafik Nilai pH.....	68
Gambar 21. Peta Kedalaman Sungai Tallo	70
Gambar 22. Peta Pola Kecepatan Aliran Air	72
Gambar 23. Grafik Nilai Pasang Surut	75
Gambar 24. Grafik Nilai Salinitas Sungai Tallo	76
Gambar 25. Grafik Hubungan Interpolasi IDW	79
Gambar 26. Peta Sebaran Salinitas dengan analisis IDW	81
Gambar 27. Grafik Hubungan Interpolasi Spline	83
Gambar 28. Peta Sebaran Salinitas dengan analisis <i>Spline</i>	85

Gambar 29. Grafik Hubungan Interpolasi Kriging.....	87
Gambar 30. Peta Sebaran Salinitas dengan analisis <i>Kriging</i>	88
Gambar 31. Peta Pola Sebaran Salinitas Air dengan interpolasi IDW	93
Gambar 32. Peta Pola Sebaran Salinitas Air dengan Interpolasi Spline...	94
Gambar 33. Peta Pola Sebaran Air dengan Interpolasi Kriging.....	95
Gambar 34. Peta Gabungan Pola Penyebaran Salinitas Sungai Tallo	96
Gambar 35. Peta Gabungan Pola Penyebaran Salinitas dengan Kecepatan Arus	99

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Salinitas Menurut Mc Luskyy.....	27
Tabel 2. Hubungan Pertumbuhan Ikan dan pH	30
Tabel 3. Titik Koordinat Stasiun Pengambilan Data	62
Tabel 4. Korelasi Nilai TDS dengan Salinitas.....	65
Tabel 5. Nilai TDS Sungai Tallo Berdasarkan Titik Pengamatan	65
Tabel 6. Nilai pH Sungai Tallo Berdasarkan Titik Pengamatan	67
Tabel 7. Kecepatan Arus Sungai Tallo.....	71
Tabel 8. Nilai Tinggi Muka Air Pada Saat Pengambilan Data.....	73
Tabel 9. Data Salinitas Sungai Tallo	76
Tabel 10. Nilai Galat Interpolasi IDW	78
Tabel 11. Nilai Galat Interpolasi <i>Spline</i>	82
Tabel 12. Nilai Galat Interpolasi <i>Kriging</i>	86
Tabel 13. Data Salinitas Sungai Tallo	90
Tabel 14. Tabel Klasifikasi Salinitas.....	91

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Morfologi Bumi tertutupi oleh 70% air yg memiliki peran paling penting dalam kehidupan setiap makhluk yang hidup di muka bumi ini. Air adalah bagian dari kehidupan dipermukaan bumi, baik itu air tanah maupun permukaan air. Fungsi Air sebagai materi yang sangat esensial bagi kehidupan di muka bumi digunakan untuk berbagai aktivitas kehidupan, disekitar daerah Makassar terdapat beberapa sungai atau anak sungai yang semuanya mengalir ke Selat Makassar, salah satu sungai yang terdapat di Makassar yaitu Sungai Tallo.

Sungai Tallo merupakan sungai yang bermuara di Selat Makassar melewati 3 kabupaten/kota yaitu Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Maros. Letak strategis sungai tallo mengambil peranan penting bagi kehidupan bermasyarakat sebagai usaha budidaya perikanan, material kontruksi serta sumber air bersih.

Sebagai sungai yang melintasi berbagai kabupaten diharapkan memiliki kualitas yang baik dari segi salinitas, PH, suhu, serta kebersihannya. Namun banyaknya aktivitas menjadi salah satu faktor eksternal yang berpotensi menyebabkan terjadinya perubahan kualitas perairan, Serta adanya estuari sungai tallo yang dinamis .

Hal tersebut terjadi dalam beberapa waktu mengakibatkan transformasi terhadap struktur massa air seperti salinitas, dimana dengan

memetakan salinitas dapat menjadi penentu densitas air laut, mengetahui bentuk arus alir laut, prediksi pertukaran air antara atmosfer dan lautan, studi ekosistem laut, serta mengetahui proses biologi dan fisika yang terjadi pada air pesisir dan sekitarnya.

Seiring kemajuan teknologi, banyak sekali hal yang dapat memudahkan pengukuran salinitas perairan. Salah satunya adalah pemanfaatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG), dimana pengolahan dan penganalisisan dapat tercipta dari algoritma-algoritma yang dapat digunakan untuk memetakan pola sebaran salinitas perairan dimana biasanya digunakan didalam analisis spasial.

Sehingga untuk mengetahui pola sebaran salinitas air Sungai Tallo diadakan penelitian dengan judul penelitian “**Analisis Sebaran Salinitas Air Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Sungai Tallo)**”.

B. Rumusan Masalah

Masalah yang dikaji dalam penelitian ini dijabarkan dalam rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis nilai salinitas air di Sungai Tallo menggunakan analisis interpolasi *IDW*, *Spline*, dan *Kriging*?
2. Bagaimana pola sebaran salinitas di Sungai Tallo berdasarkan analisis nilai salinitas menggunakan Sistem Informasi Geografis?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis nilai salinitas air Sungai Tallo dengan analisis interpolasi *IDW*, *Spline* dan *Kriging*.
2. Mengetahui pola sebaran salinitas di Sungai Tallo berdasarkan analisis nilai salinitas menggunakan Sistem Informasi Geografis.

D. Batasan Masalah

Untuk mengantisipasi adanya penyimpangan dalam pembahasan ini, maka perlu adanya batasan masalah untuk memperjelas arah dari rumusan masalah di atas dimana penelitian ini mencakup pengambilan data langsung di lapangan dengan data salinitas yang digunakan adalah data yang diambil secara longitudinal sungai tepatnya dibagian hilir sungai Sungai Tallo. Pembahasan difokuskan pada analisis salinitas air di Sungai Tallo berdasarkan peta yang dibuat dengan program *ArcGIS 10.8* dimana data yang digunakan mencakup nilai salinitas di permukaan air sungai.

E. Sistematika Penulisan

Gambaran umum mengenai isi penelitian, dituliskan sebagai berikut: `

1. BAB I Pendahuluan

Dijelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah menjelaskan permasalahan yang diamati dan dilaksanakan, tujuan dan manfaat penelitian ini menjelaskan poin keluaran penelitian, ruang lingkup sebagai batasan dalam penulisan, serta sistematika penulisan tentang pengenalan isi per bab dalam penulisan ini.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Memaparkan teori dasar dari hidrologi, salinitas, pemetaan spasial, SIG, dan *ArcGIS*.

3. BAB III Metode Penelitian

Menerangkan teknis penelitian yang dilakukan dengan menguraikan urutan kerja dan tata cara kerja penelitian mulai dari waktu dan lokasi penelitian, data penelitian, metode pengambilan dan analisis data.

4. BAB IV Hasil dan Pembahasan

Menerangkan proses pengambilan data serta memberikan hasil pengujian yang dilaksanakan sesuai dengan metode penelitian kemudian menjelaskan data yang dianalisis menggunakan berbagai metode interpolasi dan kemudian telah dituangkan kedalam peta dan menentukan pola sebarannya.

5. BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hidrologi

Air merupakan salah satu unsur yang sangat penting di muka bumi. Air dibutuhkan oleh seluruh makhluk hidup baik oleh manusia, tumbuhan, maupun hewan. Tanpa adanya air dapat dipastikan tidak akan ada kehidupan. Ilmu yang mempelajari tentang air adalah hidrologi.

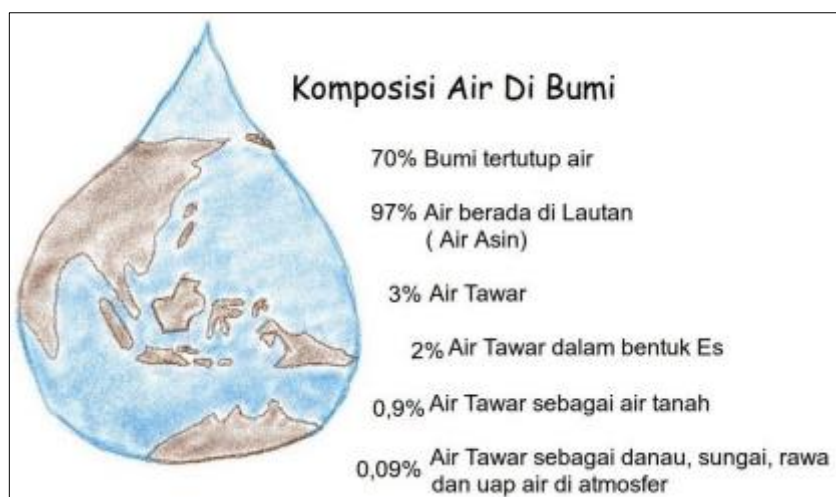
Hidrologi berasal dari bahasa Yunani, Hydro = Air, Logos = Ilmu, yang berarti Ilmu Air. Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air di bumi dalam segala bentuknya baik yang berupa cairan, padat, dan gas. Lebih lanjut, hidrologi juga mempelajari karakteristik air tersebut, baik sifat-sifat air, bentuk penyebarannya dan siklus air berlangsung di muka bumi.

Beberapa ahli berpendapat mengenai pengertian hidrologi. Menurut Asdak (1995), hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam, dan di atas permukaan tanah. Sedangkan Arsyad (2009) berpendapat bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari proses penambahan, penampungan, dan kehilangan air di bumi. Singh (1992), menjelaskan pengertian hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik kuantitas dan kualitas air di bumi menurut ruang serta waktu, termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan maupun manajemen.

Serta Linsley (1986) mengatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air di bumi baik itu mengenai kejadiannya, jenis-

jenis, sirkulasi, sifat kimia dan fisika serta reaksinya terhadap lingkungan maupun kehidupan. Permukaan bumi sebagian besar tertutupi oleh air sebanyak 70,9 % baik berupa perairan darat maupun perairan laut. Perairan darat adalah semua bentuk perairan yang terdapat di darat. Bentuk perairan yang terdapat di darat meliputi, mata air, air yang mengalir di permukaan dan bergerak menuju ke daerah-daerah yang lebih rendah membentuk sungai, danau, telaga, rawa, dan lain-lain yang memiliki suatu pola aliran yang dinamakan Daerah Aliran Sungai (DAS).

Dari berbagai penjelasan di atas dapat kita ketahui bahwa air sumur, air sungai, rawa, telaga, danau, empang dan sejenisnya termasuk jenis perairan darat. Sedangkan perairan laut adalah bentuk perairan di laut. Besarnya permukaan air di bumi ini tidak terlepas kaitannya dengan siklus air. Perputaran dan pergerakan air di muka bumi ini dikenal dengan istilah siklus hidrologi.



Gambar 1. Gambaran Komposisi Air di Bumi

Siklus hidrologi merupakan perputaran air di Bumi, siklus air tidak pernah berhenti dan jumlah air di permukaan bumi tidak berkurang. Sebaran air di bumi meliputi air laut (97 %), air tawar (3 %). Air tawar dalam bentuk es dan salju (68,7%), air tanah (30,1%), air permukaan (0,3%) dan lainnya (0,9%). Air permukaan terdiri dari danau (87%), lahan basah/rawa (11%), dan sungai (2%).

A.1. Air Permukaan

Air keluar dari suatu areal tertentu dapat melalui beberapa bentuk (Arsyad,1989),yaitu:aliran permukaan/Limpasan/run off adalah bagian dari air hujan yang mengalir tipis diatas permukaan tanah. Air tersebut mengalir ke tempat yang lebih rendah dan kemudian bermuara ke sungai atau danau atau waduk bahkan laut.Pada akhirnya air akan terevaoperasi lagi. Limpasan permukaan atau aliran permukaan merupakan dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang mengangkut zat-zat dan partikel tanah. Limpasan terjadi akibat intensitas hujan yang turun melebihi kapasitas infiltrasi, saat laju infiltrasi terpenuhi maka air akan mengisi cekungan yang terdapat pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut terisi air dan penuh, maka air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah (*surface runoff*). (Annisa, 2020)

Tipe-Tipe Aliran Permukaan, Limpasan terdiri dari berbagai sumber,yaitu :

1. Aliran permukaan (*Surface Flow*)

Aliran permukaan adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis diatas permukaan tanah. Aliran permukaan dapat terkonsentrasi

2. Aliran Antara (*Inter Flow*)

Aliran antara adalah aliran dalam arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara terdiri dari gerakan air dan lengas tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah.

3. Aliran Air Tanah

Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi dibawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut.

4. Aliran di bawah permukaan

Aliran dibawah permukaan yaitu air yang masuk ke dalam tanah tetapi tidak masuk cukup dalam disebabkan adanya lapisan kedap air. Air ini mengalir di bawah permukaan tanah kemudian ke luar pada suatu tempat dibagian bawah atau masuk ke sungai.

Air tanah didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Salah satu sumber utamanya adalah air hujan yang meresap ke bawah lewat lubang pori di antara butiran tanah. Air yang berkumpul di bawah permukaan bumi ini disebut akuifer.

Ada beberapa pengertian akuifer berdasarkan pendapat para ahli, Todd (1955) menyatakan bahwa akuifer berasal dari bahasa latin yaitu *aqui* dari kata *aqua* yang berarti air dan kata *ferre* yang berarti membawa,

jadi akuifer adalah lapisan pembawa air. Herlambang (1996) menyatakan bahwa akuifer adalah lapisan tanah yang mengandung air, di mana air ini bergerak di dalam tanah karena adanya ruang antar butir-butir tanah. Berdasarkan kedua pendapat, dapat disimpulkan bahwa akuifer adalah lapisan bawah tanah yang mengandung air dan mampu mengalirkan air. Hal ini disebabkan karena lapisan tersebut bersifat permeable yang mampu mengalirkan air baik karena adanya pori-pori pada lapisan tersebut ataupun memang sifat dari lapisan batuan tertentu. Contoh batuan pada lapisan akuifer adalah pasir, kerikil, batu pasir, batu gamping rekahan.

Terdapat tiga parameter penting yang menentukan karakteristik akuifer yaitu tebal akuifer, koefisien lolos atau permeabilitas, dan hasil jenis. Tebal akuifer diukur mulai dari permukaan air tanah (water table) sampai pada suatu lapisan yang bersifat semi kedap air (impermeable) termasuk aquiclude dan aquifuge. Permeabilitas merupakan kemampuan suatu akuifer untuk meloloskan sejumlah air tanah melalui penampang $1 m^2$. Nilai permeabilitas akuifer sangat ditentukan oleh tekstur dan struktur mineral atau partikel-partikel atau butir-butir penyusun batuan. Semakin kasar tekstur dengan struktur lepas, maka semakin tinggi batuan meloloskan sejumlah air tanah. Sebaliknya, semakin halus tekstur dengan struktur semakin tidak teratur atau semakin mampat, maka semakin rendah kemampuan batuan untuk meloloskan sejumlah air tanah. Dengan demikian, setiap jenis batuan akan mempunyai nilai permeabilitas yang

berbeda dengan jenis batuan yang lainnya. Hasil jenis adalah kemampuan suatu akuifer untuk menyimpan dan memberikan sejumlah air dalam kondisi alami. Besarnya cadangan air tanah atau hasil jenis yang dapat tersimpan dalam akuifer sangat ditentukan oleh sifat fisik batuan penyusun akuifer (tekstur dan struktur butir-butir penyusunnya) (Anonim, 2006).

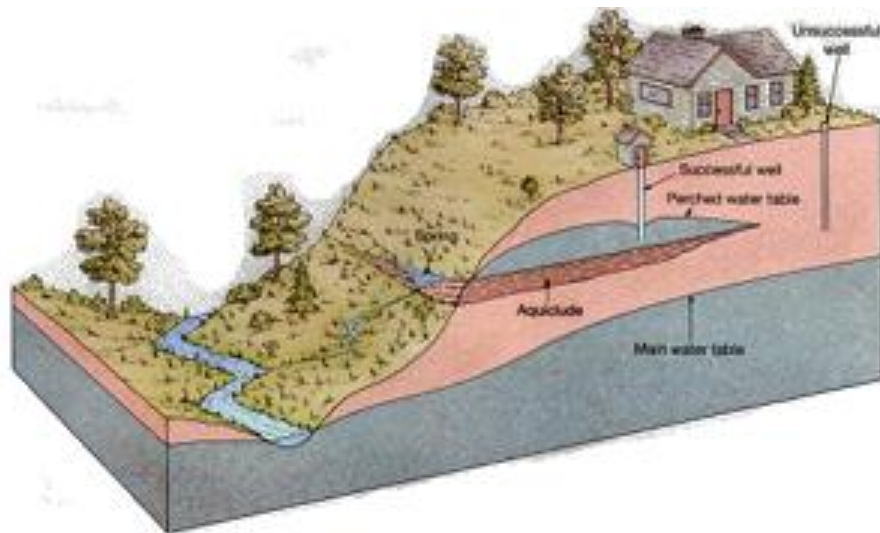
Menurut Krussman dan Ridder (1970), berdasarkan kadar kedap air dari batuan yang melingkupi akuifer terdapat beberapa jenis akuifer, yaitu: Akuifer terkungkung (*confined aquifer*), akuifer setengah terkungkung (*semi confined aquifer*), akuifer setengah bebas (*semi unconfined aquifer*), dan akuifer bebas (*unconfined aquifer*). Akuifer terkungkung adalah akuifer yang lapisan atas dan bawahnya dibatasi oleh lapisan yang kedap air. Akuifer setengah terkungkung adalah akuifer yang lapisan di atas atau di bawahnya masih mampu meloloskan atau dilewati air meskipun sangat kecil (lambat). Akuifer setengah bebas merupakan peralihan antara akuifer setengah terkungkung dengan akuifer bebas. Lapisan bawahnya yang merupakan lapisan kedap air, sedangkan lapisan atasnya merupakan material berbutir halus, sehingga pada lapisan penutupnya masih dimungkinkan adanya gerakan air. Akuifer bebas lapisan atasnya mempunyai permeabilitas yang tinggi, sehingga tekanan udara di permukaan air sama dengan atmosfer. Air tanah dari akuifer ini disebut air tanah bebas (tidak terkungkung) dan akuifernya sendiri sering disebut *water-table aquifer*.

Todd (1980) menyatakan bahwa tidak semua formasi litologi dan kondisi geomorfologi merupakan akuifer yang baik. Berdasarkan pengamatan lapangan, akuifer dijumpai pada bentuk lahan sebagai berikut:

- a. Lintasan air (*water course*) Bentuk lahan di mana materialnya terdiri dari aluvium yang mengendap di sepanjang alur sungai sebagai bentuk lahan dataran banjir serta tanggul alam. Bahan aluvium itu biasanya berupa pasir dan kerikil.
- b. Dataran (*plain*) Bentuk lahan berstruktur datar dan tersusun atas bahan aluvium yang berasal dari berbagai bahan induk sehingga merupakan akuifer yang baik.
- c. Lembah antar pegunungan (*intermontane valley*) Merupakan lembah yang berada di antara dua pegunungan dan materialnya berasal dari hasil erosi dan gerak massa batuan dari pegunungan di sekitarnya.
- d. Lembah terkubur (*buried valley*) Lembah yang tersusun oleh material lepas yang berupa pasir halus sampai kasar.

Berdasarkan perlakuannya terhadap air tanah, terdapat lapisan-lapisan batuan selain akuifer yang berada di bawah permukaan tanah. Lapisan-lapisan batuan tersebut dapat dibedakan menjadi: Aquiclude, aquitard, dan aquifuge. Aquiclude adalah formasi geologi yang mungkin mengandung air, tetapi dalam kondisi alami tidak mampu mengalirkannya, misalnya lapisan lempung, serpih, tuf halus, lanau. Untuk keperluan

praktis, aquiclude dipandang sebagai lapisan kedap air. Letak aquiclude ditunjukkan pada Gambar berikut



Gambar 2. Letak *Aquiclude*

Aquitard adalah formasi geologi yang semi kedap, mampu mengalirkan air tetap dengan laju yang sangat lambat jika dibanding dengan akuifer. Meskipun demikian dalam daerah yang sangat luas, mungkin mampu membawa sejumlah besar air antara akuifer yang satu dengan lainnya. *Aquifuge* merupakan formasi kedap yang tidak mengandung dan tidak mampu mengalirkan air.

5. Aliran sungai

Aliran sungai yaitu air yang mengalir di dalam saluran-saluran yang jelas seperti sungai. Sungai yang berasal dari aliran di bawah permukaan dan aliran air bawah tanah akan jernih, sedangkan yang bersumber utama dari aliran permukaan akan keruh oleh sedimen yang dikandungnya.

A. 2. Pengertian Sungai

Sungai didefinisikan sebagai tempat air mengalir secara alamiah membentuk suatu pola dan jalur tertentu dipermukaan, dan mengikuti bagian bentangalam yang lebih rendah dari daerah sekitarnya (Thornbury,1969). Di dalam suatu sistem Daerah Aliran Sungai (DAS), sungai yang berfungsi sebagai wadah pengaliran air selalu berada di posisi paling rendah dalam landskap bumi, sehingga kondisi sungai tidak dapat dipisahkan dari kondisi Daerah Aliran Sungai (PP Nomor 38 Tahun 2011). Kualitas air sungai dipengaruhi oleh kualitas pasokan air yang berasal dari daerah tangkapan sedangkan kualitas pasokan air dari daerah tangkapan berkaitan dengan aktivitas manusia yang ada di dalamnya (Wiwoho, 2005 dalam Agustiningsih dkk, 2012).

Sungai adalah air tawar yang mengalir dari sumbernya di daratan menuju dan bermuara di laut, danau atau sungai yang lebih besar, aliran sungai merupakan aliran yang bersumber dari limpasan, limpasan yang berasal dari hujan, gletser, limpasan dari anak-anak sungai dan limpasan dari air tanah. (Sutrisno, 2015). Sedangkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai, disebutkan bahwa Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan.

Sungai sebagai salah satu sumber daya alam yang sangat penting, di satu pihak mempunyai banyak manfaat, namun di lain pihak juga dapat

menimbulkan ancaman bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Berbagai cara pemanfaatan sungai dan lahan di sekitarnya, seperti pertanian, perikanan, irigasi, pembangkit tenaga, transportasi, dan lain-lain. Usaha pengamanan terhadap bahaya sungai juga dilakukan, seperti pengendalian banjir, pencegahan, perlindungan, dan penanggulangan kerusakan sarana dan prasarana akibat aliran sungai terus dilakukan untuk kesejahteraan umat manusia. Dengan demikian pembinaan sungai menyangkut seluruh kegiatan dalam bentuk usaha perlindungan, pengembangan, penggunaan, dan pengendalian dalam rangka meningkatkan manfaat sungai untuk memenuhi berbagai kepentingan masyarakat menurut waktu dan tempat yang diinginkan. Secara alamiah suatu sungai mempunyai beberapa fungsi, yaitu (Wicaksono, 2019):

- a. Sebagai wadah alam untuk menampung air dari daerah alirannya dan kemudian mengalirkannya secara gravitasi ke daerah yang lebih rendah sampai dengan ke laut (sebagai komponen/wadah pengaliran air permukaan dalam satu siklus hidrologi);
- b. Mengangkut hasil erosi sedimen (lumpur, pasir, kerikil, batu) dari daerah lahan di sekitar sungai ke hilir;
- c. Menyalurkan larutan/zat kimia;
- d. Pada daerah yang beriklim sub-tropis, sungai juga berfungsi mengangkut es ke hilir;
- e. Sebagai tempat hidup biota air – ekosistem (fauna-ikan, burung, dan serangga serta fauna tumbuh-tumbuhan air);

- f. Mengangkut dan membawa air buangan/kotoran alamiah dari daerah aliran terutama benda apung (pohon/dahan, sampah).

A.3. Morfologi dan Jenis Sungai

Morfologi sungai merupakan geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek dan perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. Proses perubahan dari morfologi sungai telah terjadi sejak terbentuk sungai itu sendiri dan berlangsung terus-menerus. Perubahan morfologi akan terjadi sangat cepat akibat dari perubahan tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan dapat berdampak pada berkurangnya fungsi resapan air dan meningkatkan aliran air permukaan (*run-off*) yang berujung pada meningkatnya debit aliran sungai. faktor lain yang menyebabkan laju perubahan morfologi sungai adalah pasang-surut (*back water*), material pembentuk tebing sungai serta transportasi. Perubahan morfologi sungai yang sangat ekstrem akan berbahaya terhadap aset di wilayah sekitar sungai (Kurniawan dkk, 2017).

Morfologi sungai merupakan ukuran dan bentuk sungai sebagai hasil reaksi terhadap perubahan kondisi hidraulik dari aliran. sehingga sungai akan leluasa dalam menyesuaikan ukuran-ukuran dan bentuknya baik bentuk geometri atau kekasaran dasar sungai. Bagian dasar dan tebing sungai akan dibentuk oleh material yang diangkut aliran sungai yang berasal dari pelapukan geologi pada periode yang panjang. Bentuk sungai selalu berubah mengikuti karakteristik alami yang merupakan faktor

penting dalam proses pembentukan sungai. karakteristik alami tersebut adalah iklim dan fisiografi daerah di wilayah sungai, yang secara pembagian besar terdiri dari topografi DAS, formasi batuan, daerah tangkapan hujan dan vegetasi (Kurniawan dkk, 2017).

Klasifikasi umum tipe sungai yang dibedakan berdasarkan bentuk denah alur sungainya (menurut Coleman 1977, Miall 1977, Brice 1984) dapat dibagi menjadi: sungai lurus; sungai berliku; sungai berjalir; dan . sungai bercabang.

Sungai dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa tinjauan, yakni berdasarkan aspek sifat aliran sungai, kandungan air pada tubuh sungai, maupun struktur geologi dan tektonik suatu daerah. Berdasarkan sifat alirannya sungai dikelompokkan menjadi dua yaitu sungai internal dan sungai eksternal.

1. Sungai internal adalah sungai yang alirannya berasal dari bawah permukaan seperti terdapat pada daerah karst, endapan eolian, atau gurun pasir ;
2. Sungai eksternal adalah sungai yang alirannya berasal dari aliran air permukaan yang membentuk sungai, danau, dan rawa.

Berdasarkan sifat alirannya, aliran sungai pada daerah penelitian merupakan air yang mengalir pada permukaan bumi yang membentuk sungai. Berdasarkan kandungan air pada tubuh sungai (Thornbury, 1969) maka jenis sungai dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

- a. Sungai permanen/normal (*perennial*), merupakan sungai yang volume airnya sepanjang tahun selalu normal.
- b. Sungai periodik (*intermittent*), merupakan sungai yang kandungan airnya tergantung pada musim, dimana pada musim hujan debit alirannya menjadi besar dan pada musim kemarau debit alirannya menjadi kecil.
- c. Sungai episodik (*ephemeral*), merupakan sungai yang hanya dialiri air pada musim hujan, tetapi pada musim kemarau sungainya menjadi kering.

Tipe sungai dalam bentuk denah secara umum dibagi menjadi tiga macam, yaitu lurus, berliku, dan berjalin, atau kombinasi dari ketiga tipe tersebut. Sungai mencapai bagian tengah sebagai sungai berjalin di bagian ruas hulu, kemudian berubah secara perlahan menjadi sungai berliku atau kadang-kadang berbentuk delta menuju bagian ruas bawah. Delta yang terbentuk pada kasus muara merupakan pengaruh dari pasang surut air laut (Kumala, Y. E., 2018 dalam Wicaksono, 2019).

Morfologi sungai sangat berkaitan dengan stadia sungai. Penentuan stadia sungai daerah penelitian didasarkan atas kenampakan lapangan berupa profil lembah sungai, pola saluran sungai, jenis erosi yang bekerja dan proses sedimentasi di beberapa tempat di sepanjang sungai. Stadia atau tahapan sungai dapat dibagi menjadi lima, yakni

stadia sungai awal, stadia muda, stadia dewasa, stadia tua, dan peremajaan sungai (rejuvenation). (Noor, 2012).

A.4. Muara Sungai

Muara Sungai adalah bagian hilir sungai yang berhubungan langsung dengan laut. Menurut Bambang Triatmojo (1999), mulut sungai merupakan bagian paling hilir dari muara sungai yang dipengaruhi pasang surut (Dharmawan, 2014).

Bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut adalah estuari. Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/pembuangan debit sungai, terutama pada waktu banjir ke laut. Menurut Yuwono (1994) dalam Triatmodjo (1999) muara sungai dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yang tergantung faktor dominan yang mempengaruhinya yaitu, gelombang, debit sungai, dan pasang surut (Wicaksono, 2019).

a. Muara Yang Didominasi Gelombang Laut

Gelombang pasir yang besar pada pantai berpasir dapat menimbulkan angkutan sedimen, baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar pantai. Angkutan sedimen sejajar pantai lebih dominan dibandingkan dengan tegak lurus pantai (Wicaksono, 2019).

b. Muara Yang Didominasi Debit Sungai

Muara ini terjadi pada sungai dengan debit sepanjang tahun cukup besar yang bermuara di laut dengan gelombang relatif kecil.

Sungai tersebut membawa angkutan sedimen yang cukup besar dari hulu. Sedimen yang sampai di muara sungai merupakan sedimen dengan diameter partikel yang sangat kecil. Saat kondisi air surut, sedimen akan terdorong ke muara dan tersebar di laut, sedangkan saat air pasang, kecepatan aliran bertambah besar dan sebagian sedimen dari laut masuk kembali ke sungai bertemu dengan sedimen yang berasal dari hulu (Wicaksono, 2019).

c. Muara Yang Didominasi Pasang Surut

Pada saat kondisi pasang yang tinggi, volume air yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan terakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada saat kondisi surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu tergantung tipe pasang surutnya (Wicaksono, 2019).

A.5. Pasang Surut

1. Pengertian Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi (gerakan naik turunnya) muka air laut secara berirama karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi (triatmodjo, 1999). Sedangkan menurut Dronkers (1964) pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi

terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Menurut hemat saya, pasang surut air laut adalah peristiwa perubahan tinggi rendahnya permukaan laut secara periodik yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi benda-benda astronomi, terutama matahari dan bulan.

Pasang surut terdiri dari dua kata, yaitu pasang yang berarti keadaan saat permukaan air laut lebih tinggi daripada rata-rata, dan surut yang berarti keadaan saat permukaan air laut lebih rendah daripada rata-rata. Di Indonesia istilah pasang surut sering disingkat dengan pasut. Pasang surut timbul akibat adanya gerakan dari benda-benda di angkasa yaitu perputaran (rotasi) bumi pada sumbunya, peredaran (revolusi) bulan mengitari bumi serta peredaran (revolusi) bulan mengitari matahari. Gerakan benda-benda angkasa tersebut akan menyebabkan terjadinya beberapa jenis gaya di tiap lokasi di permukaan bumi, gaya-gaya tersebut diketahui sebagai gaya utama pembangkit pasang surut muka air laut. Masing-masing gaya akan menimbulkan pengaruh terhadap kejadian pasang surut yang disebut dengan komponen utama konstanta pasang surut dan gaya tersebut merupakan pengaruh matahari maupun bulan atau kombinasi diantara keduanya. Kejadian yang sebenarnya dari gerakan pasang air laut sangat berbelit-belit, sebab gerakan tersebut tergantung pula pada rotasi bumi, angin, arus laut dan keadaan-keadaan lain yang bersifat setempat. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah

bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, yaitu sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari (Wardiyatmoko & Bintarto, 1994).

2. Jenis-Jenis Pasang Surut

Umumnya pasang-surut terbagi menjadi dua yaitu pasang surut purnama (*spring tides*) dan pasang-surut perbani (*neep tides*). *spring tides* terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus (matahari dan bulan dalam keadaan oposisi). Pada saat itu, akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah, karena kombinasi gaya tarik dari matahari dan bulan bekerja saling menguatkan. Pasang-surut purnama ini terjadi dua kali setiap bulan, yakni pada saat bulan baru dan bulan purnama (*full moon*). Sedangkan pasang-surut perbani (*neep tides*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus, yakni saat bulan membentuk sudut 90° dengan bumi. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Pasang-surut perbani ini terjadi dua kali, yaitu pada saat bulan $1/4$ dan $3/4$ (Wardiyatmoko & Bintarto, 1994).

Pasang-surut laut dapat didefinisikan pula sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara bumi, matahari dan bulan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi

(*High Water/RW*) dan lembah gelombang disebut surut/pasang rendah (*Low Water/LW*). Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang-surut atau tunggang pasut (*tidal range*) yang bisa mencapai beberapa meter hingga puluhan meter. Periode pasang-surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Harga periode pasang-surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit (Setiawan, 2006).

Menurut Wibisono (2005), sebenarnya hanya ada tiga tipe dasar pasang-surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya, yaitu sebagai berikut:

1. Pasang-surut tipe harian tunggal (*diurnal type*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 1 kali pasang dan 1 kali surut.
2. Pasang-surut tipe tengah harian/ harian ganda (*semi diurnal type*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 2 kali pasang dan 2 kali surut.
3. Pasang-surut tipe campuran (*mixed tides*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat bentuk campuran yang condong ke tipe harian tunggal atau condong ke tipe harian ganda.

Tipe pasang-surut ini penting diketahui untuk studi lingkungan, mengingat bila di suatu lokasi dengan tipe pasang-surut harian tunggal atau campuran condong harian tunggal terjadi pencemaran, maka dalam waktu kurang dari 24 jam, pencemar

diharapkan akan tersapu bersih dari lokasi. Namun pencemar akan pindah ke lokasi lain, bila tidak segera dilakukan *clean up*. Berbeda dengan lokasi dengan tipe harian ganda, atau tipe campuran condong harian ganda, maka pencemar tidak akan segera tergelontor keluar. Dalam sebulan, variasi harian dari rentang pasang-surut berubah secara sistematis terhadap siklus bulan. Rentang pasang-surut juga bergantung pada bentuk perairan dan konfigurasi lantai samudera. Pasang-surut (pasut) di berbagai lokasi mempunyai ciri yang berbeda karena dipengaruhi oleh topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk dan sebagainya.

B. Kualitas Air

Kualitas adalah karakteristik mutu yang diperlukan untuk pemanfaatan tertentu dari berbagai sumber air. Kriteria mutu air merupakan suatu dasar baku mengenai syarat kualitas air yang dapat dimanfaatkan. Baku mutu air adalah suatu peraturan yang disiapkan oleh suatu negara atau suatu daerah yang bersangkutan. kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang dilakukan adalah uji kimia, fisik, biologi, atau uji kenampakan (bau dan warna).

B.1. Salinitas

1. Pengertian Salinitas

Salinitas merupakan jumlah gram garam yang terlarut dalam satu kilogram air laut (Millero and Sons, 1992). Salinitas seringkali diartikan sebagai kadar garam dari air laut, walaupun hal tersebut tidak tepat karena sebenarnya ada perbedaan antara keduanya. Definisi tentang salinitas pertama kali dikemukakan oleh C. FORCH; M. KNUDSEN dan S.PX. SOREN-SEN tahun 1902. Salinitas didefinisikan sebagai berat dalam gram dari semua zat padat yang terlarut dalam 1 kilo gram air laut jikalau semua brom dan yodium digantikan dengan khlor dalam jumlah yang setara; semua karbonat diubah menjadi oksidanya dan semua zat organik dioksidasikan.

Pengertian salinitas air yang lebih mudah dipahami adalah jumlah kadar garam yang terdapat pada suatu perairan. Hal ini dikarenakan salinitas air ini merupakan gambaran tentang padatan total didalam air setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodide digantikan oleh khlorida dan semua bahan organik telah dioksidasi. Nilai salinitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dalam ‰(permil) atau ppt yaitu singkatan dari *part-per-thousand*.

Kadar garam yang terlarut dalam salinitas yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu natrium (Na), klorida (Cl), kalsium (Ca), magnesium

(Mg), kalium (K), sulfat (SO₄) dan bikarbonat (HCO₃) (Kunarso, 2020). Zat zat lain di dalam air tidak terlalu berpengaruh terhadap salinitas, tetapi zat zat tersebut juga penting untuk keperluan ekologis yang lain (Boyd, 1991, *dalam* Apriyanto, 2012).

Konsentrasi garam dikontrol oleh batuan alami yang mengalami pelapukan, tipe tanah, dan komposisi kimia dasar perairan. Salinitas merupakan indikator utama untuk mengetahui penyebaran massa air lautan sehingga penyebaran nilai-nilai salinitas secara langsung menunjukkan penyebaran dan peredaran massa air dari satu tempat ke tempat lainnya. Penyebaran salinitas secara alamiah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain curah hujan, pengaliran air tawar ke laut secara langsung maupun lewat sungai dan gletser, penguapan, arus laut, turbulensi percampuran, dan aksi gelombang (Meadows dan Campbell.,1988; Illahude, 1999).

Di samudera salinitasnya berkisar antara 34-35 ‰ (Nontji, 1993). Variasi salinitas di permukaan air sangat mirip dengan keseimbangan evaporasi dan presipitasi (Meadow dan Campbell. 1988). Salinitas merupakan faktor pembatas bagi organisme perairan terutama yang berada pada jangkauan yang sempit. Densitas air laut naik sejalan dengan kenaikan salinitas dan tekanan serta penurunan temperatur. Satu bagian per 1000 garam

kenaikan densitasnya sekitar 0,8 bagian per 1000 gram (Meadows dan Campbell, 1988)

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Salinitas

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi salinitas yaitu:

a. Pola Sirkulasi Air

Pola sirkulasi air membantu penyebaran salinitas. Karena pola penyebaran yang berbeda menyebabkan salinitas yang berbeda di setiap perairan.

b. Penguapan (Evaporasi)

Semakin tinggi tingkat penguapan di daerah tersebut, maka salinitasnya pun bertambah atau sebaliknya karena garam-garam tersebut tertinggal di air contohnya di Laut Merah kadar salinitasnya mencapai 40%.

c. Curan Hujan (Presipitasi)

Semakin tinggi tingkat curah hujan di daerah tersebut, maka salinitasnya akan berkurang atau sebaliknya hal ini dikarenakan terjadinya pengenceran oleh air hujan.

d. Aliran Sungai di Sekitar (*Run Off*)

Semakin banyak aliran sungai yang bermuara pada laut maka salinitasnya akan menurun dan sebaliknya (Taufiqullah. 2015).

3. Jenis-Jenis Perairan Berdasarkan Salinitasnya

Jenis-jenis perairan berdasarkan salinitasnya meliputi perairan air tawar, air laut, air payau, dan perairan hipersaline.

- a. Perairan tawar (*fresh water*) yaitu perairan yang memiliki salinitas berkisar antara 0 – 5 ppt. Contohnya pada air minum, air sungai, sumur, dan sebagainya.
- b. Perairan payau (*brackish water*) yaitu perairan yang memiliki salinitas berkisar antara 5 – 30 ppt, contohnya pada daerah hutan bakau, muara sungai, dan daerah tambak.
- c. Air laut yaitu perairan yang memiliki salinitas berkisar antara 30 – 50 ppt. Contohnya laut lepas.
- d. Perairan hipersaline (*brine water*) yaitu perairan yang memiliki salinitas > 50 ppt. contohnya laut yang dekat kutub (Taufiqullah, 2015).

Penentuan jenis air diklasifikasikan berdasarkan tingkat salinitasnya. Berikut klasifikasi menurut Mc Lusky (2013).

Tabel 1. Klasifikasi Salinitas Menurut Mc Lusky

Klasifikasi Air Tanah Berdasarkan Tingkat Salinitas oleh Mc Lucky dalam Purnomo (2013)	
Indek Salinitas (‰)	Tipe Salinitas
Air Tawar	
< 0,5	<i>Freshwater</i>
0,5 – 3,0	<i>Oligohaline</i>
Air Payau	
3,0 – 16	<i>Mesohaline</i>
16 – 30	<i>Polyhaline</i>
Air Asin	
30 – 40	<i>Marine</i>

B.2. TDS (Total Dissolve Solid)

TDS adalah singkatan dari *Total Dissolve Solid* yang dalam Bahasa Indonesia berarti jumlah zat padat terlarut. TDS merupakan indikator dari jumlah partikel atau zat tersebut, baik berupa senyawa organik maupun non-organik. Pengertian terlarut mengarah kepada partikel padat di dalam air yang memiliki ukuran di bawah 1 nano-meter. Satuan yang digunakan biasanya ppm (*part per million*) atau yang sama dengan miligram per liter (mg/l) untuk pengukuran konsentrasi massa kimiawi yang menunjukkan berapa banyak gram dari suatu zat yang ada dalam satu liter dari cairan. Zat atau partikel padat terlarut yang ditemukan dalam air dapat berupa natrium (garam), kalsium, magnesium, kalium, karbonat, nitrat, bikarbonat, klorida dan sulfat.

TDS merupakan parameter fisik air baku dan ukuran zat terlarut, baik zat organik maupun anorganik yang terdapat pada larutan. TDS mencakup jumlah material dalam air material ini dapat berupa karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik, dan ion-ion lainnya. Kandungan TDS dalam air juga dapat memberi rasa pada air yaitu air menjadi seperti garam, sehingga jika air yang mengandung TDS terminum, maka akan terjadi akumulasi garam di dalam ginjal manusia, sehingga lama-kelamaan akan mempengaruhi fungsi fisiologis ginjal (Krisna,2011).

TDS atau padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Bahan-bahan

terlarut pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan. Tingginya kadar TDS apabila tidak dikelola dan diolah dapat mencemari badan air. Selain itu juga dapat mematikan kehidupan akuatik, dan memiliki efek samping yang kurang baik pada kesehatan manusia karena mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia, dan nitrogen serta kadar padatan tersuspensi maupun terlarut, Jurnal Tanah dan kekeruhan, BOD5, dan COD yang tinggi. (Ahmad dan El-Dessouky, 2008)

B.3. pH (Aktivitas Ion Hidrogen)

Dalam Bahasa Indonesia pH, lebih dikenal sebagai derajat kebasaaan/derajat keasaman. Derajat keasaman Menurut Barus (Agustiawan, 2011: 13) derajat keasaman (pH) adalah nilai konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan atau jika dinyatakan secara matematis didefinisikan sebagai logaritma resiprokal ion hydrogen ($\text{pH} = -\log 1/\text{H}$). Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion H akan menunjukkan apakah bersifat asam atau basa. Aspek yang diukur adalah kemampuan suatu larutan dalam memberikan ion hydrogen. Skala asam-basa ini mempunyai variasi nilai 0 –14. Nilai pH yang lebih rendah menunjukkan keasaman yang lebih tinggi. Apabila angka pH kurang dari 7

menunjukkan air bersuasana asam, sedangkan jika lebih dari 7 menunjukkan air dalam suasana basa.

Tabel 2. Hubungan Pertumbuhan Ikan dan pH

pH air	Kondisi Kultur
< 4	Air bersifat toksik
5 - 6,5	Pertumbuhan ikan terhambat; pengaruh kepada ketahanan tubuh
6,5 - 9,0	Pertumbuhan Optimal
>9,0	Pertumbuhan ikan terhambat

C. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Menurut Prahasta (2002:55) SIG adalah sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, dan menganalisis informasi-informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi. Pada dasarnya, istilah sistem informasi geografi merupakan gabungan dari tiga unsur pokok yaitu sistem, informasi, dan geografi. Dengan demikian, pengertian terhadap ketiga unsur-unsur pokok ini akan sangat membantu dalam memahami SIG. Dengan melihat unsur-unsur pokoknya, maka jelas SIG merupakan salah satu sistem informasi.

SIG merupakan suatu sistem yang menekankan pada unsur informasi geografi. Istilah “geografis” merupakan bagian dari spasial (keruangan). Kedua istilah ini sering digunakan secara bergantian atau tertukar hingga timbul istilah yang ketiga, geospasial. Ketiga istilah ini mengandung pengertian yang sama di dalam konteks SIG. Penggunaan kata “geografis” mengandung pengertian suatu persoalan mengenai bumi: permukaan dua atau tiga dimensi. Istilah “informasi geografis”

mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi dimana suatu objek terletak di permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diberikan atau diketahui (Wibowo, 2015).

1. Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan kompleks yang terintegrasi dengan sistem-sistem komputer lain di tingkat fungsional dan jaringan. Sistem SIG terdiri dari beberapa komponen berikut (Bafdal, dkk., 2011):

a. Perangkat Keras

Pada saat ini perangkat SIG dapat digunakan dalam berbagai platform perangkat keras mulai dari *PC Desktop*, *workstation* hingga *multiuser host* yang digunakan oleh banyak orang secara bersamaan dalam jaringan luas. Perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah komputer (PC), *mouse*, *digitizer*, *printer*, *plotter* dan *scanner*.

b. Perangkat Lunak

SIG juga merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci. Setiap subsistem diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak yang terdiri dari beberapa modul, hingga tidak mengherankan jika ada perangkat SIG yang terdiri dari ratusan

modul program (*.exe) yang masing-masing dapat dieksekusi sendiri.

c. Data dan Informasi Geografi

SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data serta informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung dengan cara mengimportnya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendijitasi

d. Manajemen

Proyek SIG akan baik bila ditangani oleh orang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan. Susunan keahlian kemampuan pengelola SIG sangat penting untuk menjalankan fungsi SIG. Biasanya organisasi pengelola ini menyebar dari grup yang mengelola hal-hal berkaitan dengan manajemen dan yang berkaitan dengan teknis. Secara sederhana keahlian yang penting dalam suatu SIG adalah manajer, ahli database, kartografi, manajer sistem, programmer dan teknisi untuk pemasukan dan pengeluaran data.

2. Model Data Dalam Sistem Informasi Geografis

Data digital geografis diorganisir menjadi dua bagian sebagai berikut:

a) Data Spasial:

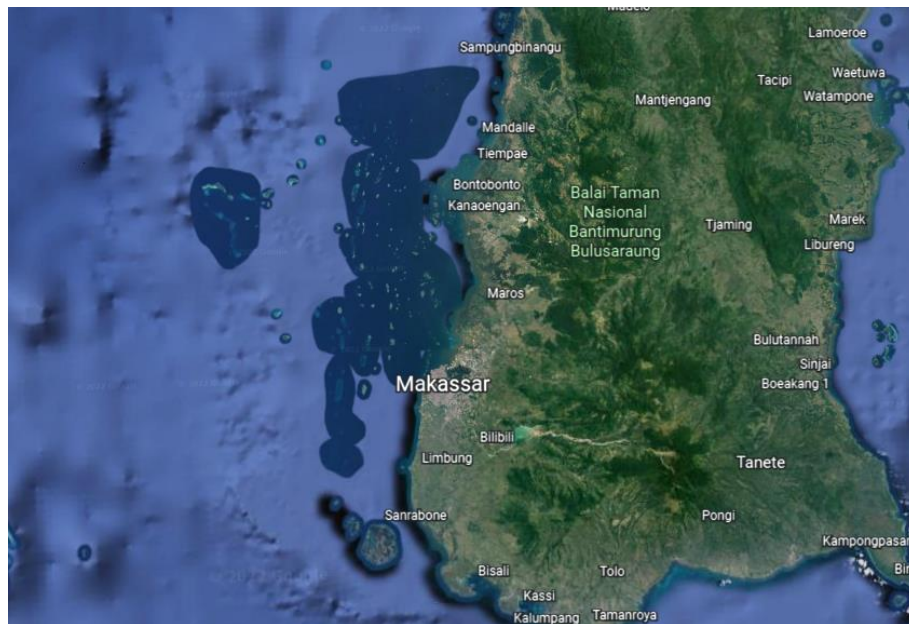
Data spasial adalah data yang menyimpan kenampakan permukaan bumi, seperti jalan, sungai, dan

lain-lain. Model data spasial dibedakan menjadi dua yaitu model data vektor dan model data raster. Model data vektor diwakili oleh simbol-simbol atau selanjutnya didalam SIG dikenal dengan feature, seperti feature titik (point), feature garis (line), dan feature area (surface).



Gambar 3. Model Pemetaan Data Raster

Model data raster merupakan data yang sangat sederhana, dimana setiap informasi disimpan dalam grid, yang berbentuk sebuah bidang. Grid tersebut disebut dengan pixel. Data yang disimpan dalam format ini data hasil scanning, seperti citra satelit digital.



Gambar 4. Model Pemetaan Citra Satelit

- b) Data Non Spasial/Data Atribut: Data non Spasial / data atribut adalah data yang menyimpan atribut dari kenampakan-kenampakan permukaan bumi.

3. Manfaat Sistem Informasi Geografis

Dengan SIG akan dimudahkan dalam melihat fenomena kebumihan dengan perspektif yang lebih baik. SIG mampu mengakomodasi penyimpanan, pemrosesan, dan penayangan data spasial digital bahkan integrasi data yang beragam, mulai dari citra satelit, foto udara, peta bahkan data statistik. Dengan tersedianya komputer dengan kecepatan dan kapasitas ruang penyimpanan besar seperti saat ini, SIG akan mampu memproses data dengan cepat dan akurat dan menampilkannya. SIG juga mengakomodasi dinamika data, pemutakhiran data yang akan menjadi lebih mudah.

D. ArcGIS

ArcGIS merupakan *software* GIS yang dikeluarkan oleh *Environmental Systems Research Institute* (ESRI). Proses instalasi *ArcGIS* akan menginstal beberapa program seperti *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcGlobe* dan *ArcScene*, dimana masing-masing memiliki fungsi yang berbeda. Selain itu juga terdapat beberapa fungsi untuk proses programming dengan *Phyto*, fungsi *licence manager*, dan beberapa *tools* lainnya (Musnanda, 2015).



Gambar 5. Tampilan ArcGis 10.8

ArcGIS menyediakan kerangka yang *scalable* dimana dapat disesuaikan menurut keperluan, yang mampu diimplementasikan untuk *single users* maupun *multiusers* dalam aplikasi *desktop*, *server*, dan internet (Web). *ArcGIS Desktop* merupakan platform dasar yang dapat digunakan untuk mengelola suatu proyek dan alur kerja SIG yang kompleks serta dapat digunakan untuk membangun data, peta, model, serta aplikasi. *ArcGIS Desktop* mencakup *ArcCatalog*, *ArcMap*, *ArcToolbox*,

ArcGlobe, dan *ModelBuilder*. Dengan menggunakan aplikasi ini pengguna dapat menjalankan berbagai macam proses SIG dari yang paling simpel hingga tingkat lanjut (Hartoyo dkk, 2010).

Penggunaan ArcGIS memiliki peran penting pemetaan dalam pengolahan data vektor maupun Raster seperti *overlay*, *intersection* dan interpolasi.

D.1 Interpolasi

Menurut Anderson (2001), interpolasi adalah suatu metode atau fungsi matematika yang menduga nilai pada lokasi – lokasi yang datanya tidak tersedia. Interpolasi spasial mengangsumsikan bahwa atribut data bersifat kontinyu di dalam ruang (*space*) dan atribut ini saling berhubungan (*dependence*) secara spasial. Logika dalam interpolasi spasial adalah bahwa nilai titik observasi yang berdekatan akan memiliki nilai yang sama atau mendekati dibandingkan dengan nilai di titik yang lebih jauh (Prasati dkk, 2005).

Interpolasi data spasial secara khusus bertujuan untuk interpolasi dari dua titik. Interpolasi spasial adalah prosedur dalam memperkirakan nilai sebuah variabel lapangan yang tidak termasuk dalam sampel penelitian dan berlokasi di dalam area yang dicakup oleh lokasi sampel atau dalam kata – kata sederhana, diberikan dalam rangka untuk menentukan nilai – nilai yang dihasilkan pada bagian yang tidak di sampel. Tipe interpolasi terbagi dua:

- a. Interpolasi diskret (*Discrete Interpolasi*) adalah interpolasi yang menggunakan asumsi bahwa nilai diantara titik kontrol diketahui nilainya bukan merupakan nilai yang kontinyu. Tipe interpolasi diskret antara lain: *Zero-order interpolation*, *thiessen polygons*, *voronoi polygons* dan *Dirichlet cells*.
- b. Interpolasi kontinyu (*Continues interpolation*) adalah interpolasi dengan menggunakan asumsi bahwa nilai di antara titik kontrol yang diketahui nilainya adalah kontinyu. Tipe interpolasi kontinyu antara lain: *Inverse distance*, *kriging* dan *spline*.

Metode yang dapat dijalankan dan umum digunakan pada *software ArcGIS* yaitu *Inverse Distance Weighting (IDW)*, *Spline*. dan *Kriging*

1. *Inverse Distance Weighting (IDW)*

IDW adalah metode interpolasi yang mengasumsikan bahwa semakin dekat jarak suatu titik terhadap titik yang tidak diketahui nilainya, maka semakin besar pengaruhnya. IDW menggunakan nilai yang terukur pada titik-titik di sekitar lokasi tersebut, untuk memperkirakan nilai variabel pada lokasi yang dimaksud. Asumsi dalam metode IDW adalah titik yang lokasinya lebih dekat dari lokasi yang diperkirakan akan lebih berpengaruh daripada titik yang lebih jauh jaraknya. Oleh karena itu, titik yang jaraknya lebih dekat diberi bobot yang lebih besar (Indarto,2013).

Metode *Inverse Distance Weighted (IDW)* merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya (NCGIA, 1997). Metode interpolasi IDW mengasumsikan

bahwa semakin dekat jarak suatu titik terhadap titik yang tidak diketahui nilainya, maka semakin besar pengaruhnya. IDW menggunakan nilai yang terukur pada titik-titik di sekitar lokasi tersebut, untuk memperkirakan nilai variabel pada lokasi yang dimaksud.

Asumsi yang dipakai dalam metode IDW adalah titik yang lokasinya lebih dekat dari lokasi yang diperkirakan akan lebih berpengaruh dari pada titik yang lebih jauh jaraknya. Oleh karena itu, titik yang jaraknya lebih dekat diberi bobot yang lebih besar. Karena itu jarak berbanding terbalik dengan nilai rata-rata tertimbang (*weighting average*) dari titik data yang ada di sekitarnya. Efek penghalusan dapat dilakukan dengan faktor pangkat (Johnston dkk, 2001). Nilai *power* pada interpolasi IDW ini menentukan pengaruh terhadap titik – titik masukan, dimana pengaruh akan lebih besar pada titik – titik yang lebih dekat sehingga menghasilkan permukaan yang lebih bagus. Bobot yang digunakan untuk rata-rata adalah turunan fungsi jarak antara titik sampel dan titik yang diinterpolasi.

Metode IDW menggunakan rata-rata dari data sampel sehingga nilainya tidak bisa lebih kecil dari minimal atau lebih besar dari data sampel. Jadi, puncak bukit atau lembah terdalam tidak dapat ditampilkan. Untuk mendapatkan hasil yang baik, sampel data yang digunakan harus rapat yang berhubungan dengan variasi lokal. Jika sampelnya agak jarang dan tidak merata, hasilnya kemungkinan besar tidak sesuai dengan yang diinginkan (Philip dan Watson, 1985).

Metode IDW merupakan metode interpolasi konvensional yang memperhitungkan jarak sebagai bobot. Jarak yang dimaksud disini adalah jarak (datar) dari titik data (sampel) terhadap blok yang akan diestimasi. Jadi semakin dekat jarak antara titik sampel dan blok yang akan diestimasi maka semakin besar bobotnya, begitu juga sebaliknya. Persamaan model interpolasi IDW disajikan sebagai berikut :

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^S z_i \frac{1}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^S \frac{1}{d_i^k}} \quad (1)$$

Keterangan :

z_0 = Perkiraan nilai pada titik 0

z_i = Apakah 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 S yang digunakan

Kerugian dari metode IDW adalah nilai hasil interpolasi terbatas pada nilai yang ada pada data sampel. Pengaruh dari data sampel terhadap hasil interpolasi disebut sebagai isotropic. Dengan kata lain, karena metode ini menggunakan rata rata dari data sampel sehingga nilainya tidak bisa lebih kecil dari minimum atau lebih besar dari data sampel. (Watson et. al,1985).

Fungsi umum pembobotan adalah *inverse* dari kuadrat jarak, dan persamaan ini digunakan pada metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) dalam *formula* berikut ini (Azpurua dan Ramos, 2010).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N z_i w_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (2)$$

Dimana z_i ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) merupakan nilai ketinggian data yang ingin diinterpolasi sejumlah N titik, dan bobot (*weight*) w_i yang dirumuskan sebagai:

$$w_i = \frac{1}{h_i^p} \quad (3)$$

p adalah nilai positif yang dapat diubah-ubah yang disebut dengan parameter *power* (biasanya bernilai 2) dan h_j merupakan jarak dari sebaran titik ke titik interpolasi yang dijabarkan sebagai:

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (4)$$

(x, y) adalah koordinat titik interpolasi dan (x_i, y_i) adalah koordinat untuk setiap sebaran titik. Fungsi peubah *weight* bervariasi untuk keseluruhan data sebaran titik sampai pada nilai yang mendekati nol dimana jarak bertambah terhadap sebaran titik.

Kelebihan dari metode interpolasi IDW adalah karakteristik interpolasi dapat dikontrol dengan membatasi titik-titik masukkan yang digunakan dalam proses interpolasi. Titik-titik yang terletak jauh dari sampel dan diperkirakan memiliki korelasi spasial yang kecil atau bahkan tidak memiliki korelasi spasial dapat dihapus dari perhitungan. Titik-titik yang digunakan dapat ditentukan secara langsung, atau ditentukan berdasarkan jarak yang ingin diinterpolasi. Kelemahan dari interpolasi IDW

adalah tidak dapat mengestimasi nilai diatas nilai maksimum dan di bawah minimum dari titik-titik sampel (Pramono, 2008).

2. Metode *Spline*

Spline merupakan metode yang mengestimasi nilai dengan menggunakan fungsi matematika yang meminimalisir total kelengkungan permukaan. Dalam *ArcGIS*, interpolasi *spline* termasuk dalam fungsi radial dasar atau *Base Function Radial* (RBF). Teknik ini biasa digunakan dalam GIS, namun dengan ketentuan data memiliki varian rendah. Metode interpolasi *spline* memiliki kemampuan dalam memprediksi nilai minimum dan maksimum dengan efek *stretching* data (Kurniadi dkk, 2018).

Interpolasi *Spline* merupakan salah satu metode aproksimasi tersebut. Nilai yang dihasilkan dari teknik aproksimasi ini merupakan nilai hampiran dari nilai sebenarnya (nilai sejati) sehingga muncul ketidaksesuaian dengan nilai sejatinya. Selanjutnya selisih antara nilai sejati dengan nilai hampiran disebut galat.

Metode *Spline* merupakan metode yang mengestimasi nilai dengan menggunakan fungsi matematika yang meminimalisir total kelengkungan permukaan. Dalam *ArcGIS*, interpolasi *Spline* termasuk dalam fungsi radial dasar atau *Base Function Radial* (RBF). Teknik ini biasa digunakan dalam GIS, namun dengan ketentuan data memiliki varian rendah. RBF banyak digunakan untuk peramalan data *time series* musiman, seperti curah hujan, debit sungai, produksi tanaman pertanian, dan lain-lain. Metode interpolasi *Spline* memiliki kemampuan dalam memprediksi nilai

minimum dan maksimum dengan efek *stretching* data. Persamaan yang digunakan Spline adalah dengan menggunakan formula interpolasi permukaan, dengan rumus sebagai berikut:

$$S_{(x,y)} = T_{(x,y)} + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j) \quad (5)$$

Keterangan:

$j = 1, 2, \dots, n$

N = jumlah titik

λ_j = koefisien yang ditemukan dari system persamaan linier

r_j = jarak antara titik ke titik j

(x, y) dan (r) didefinisikan secara berbeda, berdasarkan cara seleksi (*regularized spline* dan *tension spline*).

Metode Spline adalah salah satu metode numerik yang dapat digunakan untuk pencarian interpolasi. Interpolasi Spline merupakan polinom sepotong-sepotong. Suatu fungsi $f(x)$ yang sudah diketahui pada selang $a \leq x \leq b$ di hampiri dengan sebuah fungsi lain $g(x)$ dengan cara menyekat selang $a \leq x \leq b$ menjadi beberapa anak selang

$a = x_1 < x_2 < \dots < x_n = b$. Fungsi $g(x)$ yang didapat dinamakan spline.

Besar kesalahan Metode Spline dapat diketahui dengan cara mereduksi nilai eksak dari tabel natural logaritma dengan pendekatan yang dihasilkan dari Metode Spline.

3. Metode *Kriging*

Metode *Kriging* ditemukan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai dari bahan tambang. Asumsi dari metode ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial yang penting dalam hasil interpolasi (ESRI, 1996).

Metode *Kriging* digunakan oleh G. Matheron pada tahun 1960, untuk menonjolkan metode khusus dalam *moving average (weighted moving average)* yang meminimalkan variasi dari hasil estimasi. Metode *Kriging* adalah estimasi *stochastic* yang mirip dengan IDW, di mana menggunakan kombinasi *linear* dari *weight* untuk memperkirakan nilai di antara sampel data. Secara umum, *Kriging* merupakan analisis data geostatistika untuk menginterpolasikan suatu nilai kandungan mineral berdasarkan nilai-nilai yang diketahui.

Kriging adalah estimasi *stochastic* yang mirip dengan Inverse Distance Weighted (IDW) dimana menggunakan kombinasi linear dari *weight* untuk memperkirakan nilai diantara sampel data (Pramono 2008). Asumsi dari metode ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial yang penting dalam hasil interpolasi. Metode *Kriging* sangat banyak menggunakan sistem komputer dalam perhitungan.

Menurut Suprajitno (2005), metode ini merupakan metode khusus dalam *moving average* terbobot (*weighted moving average*) yang meminimalkan variasi dari hasil estimasi. *Kriging* menghasilkan taksiran yang akan tetap mendekati nilai sampel data yang diinterpolasi, walaupun

sampel diperbesar menuju tak terhingga. Metode estimasi ini mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi estimasi, yaitu: banyaknya sampel, posisi sampel, jarak antar sampel dengan titik yang akan diestimasi, kontinuitas spasial dari variabel – variabel yang terlibat dll. Dengan kata lain metode ini digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai karakteristik dari estimator (Z) pada titik tidak tersampel berdasarkan informasi dari titik-titik tersampel yang berada disekitarnya. Tujuan dari kriging adalah menentukan nilai koefisien pembobotan λ_i yang meminimalkan estimasi variansi.

Secara umum, kriging merupakan suatu metode untuk menganalisis data geostatistik untuk menginterpolasi suatu nilai kandungan mineral berdasarkan data sampel. Data sampel pada ilmu kebumihan biasanya diambil di tempat-tempat yang tidak beraturan. Dengan kata lain, metode ini digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai karakteristik pada titik tidak tersampel berdasarkan informasi dari karakteristik titik-titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut. Adapun estimator kriging dapat dituliskan sebagai berikut (Bohling, 2005: 4):

$$Z(s) - m(s) = \sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(s_i) - m(s_i)]$$

Dengan

s, s_i : vektor lokasi untuk estimasi dan salah satu dari data yang berdekatan, dinyatakan sebagai i

$m(s)$: nilai ekspektasi dari $Z(s)$

$m(s_i)$: nilai ekspektasi dari $Z(s_i)$

$\lambda_i(s)$: Nilai $Z(s_i)$ untuk estimasi lokasi u . nilai $Z(s_i)$ yang sama akan memiliki nilai yang berbeda untuk estimasi pada lokasi berbeda.

n : banyaknya data sampel yang digunakan untuk estimasi.

Tidak seperti metode IDW, Kriging memberikan ukuran error dan confidence. Metode ini menggunakan semivariogram yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. Semivariogram juga menunjukkan bobot (weight) yang digunakan dalam interpolasi. Jenis Kriging yang bisa dilakukan adalah dengan cara spherical, circular, exponential, gaussian dan linear (Pramono 2008).

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 :

$$Z^* = \sum w_i Z_i \quad (4)$$

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 *error* dan *confidence*. Salah satu yang terdapat dalam metode ini adalah *Ordinary Kriging*, yang didalamnya memiliki model semivariogram yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. Semivariogram dipakai untuk menentukan jarak dimana nilai-nilai data pengamatan menjadi saling tidak tergantung atau tidak ada korelasinya. Semivariogram adalah perangkat dasar dari geostatistik untuk visualisasi, pemodelan dan eksploitasi autokorelasi spasial dari variabel terregionalisasi. Semivariogram juga menunjukkan bobot (*weight*) yang digunakan dalam interpolasi. Semivariogram dihitung berdasarkan sampel semivariogram dengan jarak h , beda nilai z dan jumlah sampel dan data n . Jenis *kriging* yang bisa dilakukan adalah dengan cara *spherical*, *circular*, *exponential*, *gaussian* dan *linear* (ESRI, 1999).

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. Pada pengamatan yang saling bebas, proses estimasi *Kriging* akan mirip dengan estimasi menggunakan analisis regresi kuadrat terkecil.

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.

D.2 Galat / Error

Dengan menggunakan metode pendekatan algoritma, akan muncul perbedaan antara solusi eksak dan solusi numerik. Selisih nilai hasil perhitungan tersebut disebut dengan galat atau nilai kesalahan. Kesalahan ini penting artinya, karena kesalahan dalam pemakaian algoritma pendekatan akan menyebabkan nilai kesalahan yang besar, tentunya ini tidak diharapkan. Sehingga pendekatan metode numerik selalu membahas tingkat kesalahan dan tingkat kecepatan proses yang akan terjadi. Misalnya nilai x asli salinitas yang didapatkan yaitu 34 pada titik a setelah dilakukan interpolasi algoritma mendapatkan hasil 33.5, maka selisi antara 33.5 dan 34 lah yang kita sebut dengan Galat.

Berikut contoh galat, sebagai berikut:

1. Galat pembulatan

Perhitungan dengan metode numerik hampir selalu menggunakan bilangan riil. Masalah timbul bila komputasi numerik dikerjakan oleh mesin (dalam hal ini komputer) karena semua bilangan riil tidak dapat disajikan secara tepat di dalam komputer. Keterbatasan komputer dalam menyajikan bilangan riil menghasilkan galat yang disebut galat pembulatan. Sebagai contoh $1/6 = 0.166666666\bar{6}$ tidak dapat dinyatakan secara tepat oleh komputer karena digit 6 panjangnya tidak terbatas. Komputer hanya mampu merepresentasikan sejumlah digit (atau bit dalam sistem biner) saja. Bilangan riil yang panjangnya melebihi jumlah digit (bit) yang dapat direpresentasikan oleh komputer dibulatkan ke bilangan terdekat. Misalnya sebuah komputer hanya dapat merepresentasikan bilangan riil dalam 6 digit angka berarti, maka representasi \$ bilangan $1/6 = 0.166666666\bar{6}$ di dalam komputer 6-digit tersebut adalah 0.166667. Galat pembulatannya adalah $1/6 \ominus 0.166667 = -0.000000333\bar{2}$)

2. Galat Pemotongan

Galat pemotongan adalah galat yang ditimbulkan oleh pembatasan jumlah komputasi yang digunakan pada proses metode numerik. Banyak metode dalam metode numerik yang penurunan rumusnya menggunakan proses iterasi yang jumlahnya tak terhingga, sehingga untuk membatasi proses penghitungan, jumlah iterasi dibatasi sampai langkah ke n. Hasil penghitungan sampai langkah ke n akan menjadi hasil hampiran dan nilai

penghitungan langkah n keatas akan menjadi galat pemotongan dalam hal ini galat pemotongan akan menjadi sangat kecil sekali jika nilai n di perbesar. Konsekuensinya tentu saja jumlah proses penghitungannya akan semakin banyak. Namun, kita dapat menghampiri galat pemotongan dengan perhitungan deret Taylor dengan rumus suku sisa:

$$R_n(X) < \frac{(x-x_0)^{(n+1)}}{(n+1)!} f^{(n+1)}(c) \quad , x_0 < c < x \quad (5)$$

Nilai R_n yang tepat hampir tidak pernah dapat kita peroleh, karena kita tidak mengetahui nilai c sebenarnya terkecuali informasi bahwa c terletak pada suatu selang tertentu. Nilai maksimum yang mungkin dari

$$|R_n(x)| < \max_{x_0 < c < x} |f^{(n+1)}(c)| x \frac{(x-x_0)^{(n+1)}}{(n+1)!} \quad (6)$$

3) Galat Total

Galat akhir atau galat total atau pada solusi numerik merupakan jumlah galat pemotongan dan galat pembulatan.

4) Galat eksperimental

Galat yang timbul dari data yang diberikan, misalnya karena kesalahan pengukuran, ketidakteelitian alat ukur dan sebagainya.

5) Galat Pemrograman

Galat yang terdapat di dalam program sering dinamakan dengan kutu (*bug*). dan proses penghilangan galat dinamakan penirkutuan (*debugging*).