

**ANALISIS TINGKAT INTRUSI AIR LAUT PADA AKUIFER
BEBAS DENGAN METODE *INDEKS REVELLE* DI GAMPONG
MON IKEUN, KABUPATEN ACEH BESAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

NIA OKTAVIANI

NIM. 220702036

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Sains dan Teknologi



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2026 M / 1448 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS TINGKAT INTRUSI AIR LAUT PADA AKUIFER BEBAS DENGAN METODE *INDEKS REVELLE* DI GAMPONG MON IKEUN, KABUPATEN ACEH BESAR

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:
NIA OKTAVIANI
220702036

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 01 Juli 2026
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

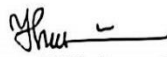
Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc
NIP. 19950225202502551003


Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Husnawati Yahya, S.Si, M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
ANALISIS TINGKAT INTRUSI AIR LAUT PADA AKUIFER
BEBAS DENGAN METODE *INDEKS REVELLE* DI GAMPONG
MON IKEUN, KABUPATEN ACEH BESAR

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi Fakultas
Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus Serta
Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Prodi Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 28 Juli 2026
Selasa 13 Shafar 1448 H
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,


Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.
NIP.199502252025051003


Ir. Lisa Ginavatri, S.T., M.T.

Penguji 1,

Penguji 2,


Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIP. 198302022015031002

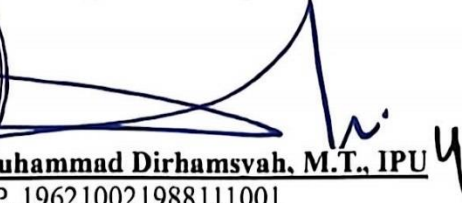

Arief Rahman, M.T
NIP. 198903102019031012

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nia Oktaviani
Nim : 220702036
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Analisis Tingkat Intrusi Air Laut pada Akuifer Bebas dengan Metode *Indeks Revelle* di Gampong Mon Ikeun, Kabupaten Aceh Besar

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya, dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 10 Agustus 2026



Nia Oktaviani

ABSTRAK

Nama : Nia Oktaviani
Nim : 220702036
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Analisis Tingkat Intrusi Air Laut pada Akuifer Bebas dengan Metode *Indeks Revelle* di Gampong Mon Ikeun, Kabupaten Aceh Besar
Tanggal sidang : 28 Juli 2026
Jumlah Halaman : 92 Halaman
Pembimbing I : Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.
Pembimbing II : Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T.
Kata Kunci : Akuifer Bebas, Gampong Mon Ikeun, *Indeks Revelle*, Intrusi Air Laut, *Inverse Distance Weighted* (IDW).

Ketergantungan masyarakat Gampong Mon Ikeun, Kabupaten Aceh Besar, terhadap air tanah memicu eksploitasi yang rentan menyebabkan intrusi air laut. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat keparahan intrusi pada akuifer bebas dengan metode *Indeks Revelle* (RI), memetakan sebaran spasialnya, dan memberikan rekomendasi upaya pencegahan meluasnya intrusi air laut. Penelitian kuantitatif deskriptif ini menggunakan *purposive sampling* pada 15 sumur gali. Pengujian parameter fisik dan kimia dilakukan, lalu dihitung menggunakan RI dan dipetakan dengan interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW). Hasilnya, kualitas fisik air menurun dengan 13 sumur melampaui baku mutu TDS (>300 mg/L) dan 3 sumur menjadi payau, meskipun pH tetap normal (6,5–8). Hanya 3 sumur (RI $< 0,5$) yang masih berstatus air tawar murni. Kontaminasi terparah terjadi pada sumur L4T1 (RI 39, klorida 1.106,04 mg/L). Kesimpulannya, akuifer di kawasan ini telah terintrusi air laut. Masyarakat direkomendasikan membatasi pemakaian sumur di zona terintrusi, sementara upaya pencegahan meluasnya intrusi dapat dilakukan melalui pembangunan embung resapan dan pemanfaatan sumur komunal di area yang lebih aman.

ABSTRACT

Name : Nia Oktaviani
Nim : 220702036
Department : Environmental Engineering
*Title : Seawater Intrusions Level Analysis in Unconfined Aquifers
Using the Revelle Index Method in Gampong Mon Ikeun,
Aceh Besar Regency*
Date of Session : 28 July 2026
Number of Pages : 92 Pages
Advisor I : Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.
Advisor II : Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T.
*Keyword : Gampong Mon Ikeun, Inverse Distance Weighted (IDW),
Revelle Index, Seawater Intrusion, Unconfined Aquifer.*

The high dependence of the Gampong Mon Ikeun community in Aceh Besar Regency on shallow groundwater triggers exploitation that is vulnerable to seawater intrusion. This study aims to analyze the severity of intrusion in the unconfined aquifer using the Revelle Index (RI) method, map its spatial distribution, and provide recommendations for preventing further seawater intrusion. This descriptive quantitative research employed purposive sampling on 15 dug wells. Physical and chemical parameters were tested, calculated using the RI, and mapped with Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation. The results showed a decline in physical water quality, with 13 wells exceeding the TDS quality standard (>300 mg/L) and 3 wells becoming brackish, although the pH remained normal (6.5–8). Only 3 wells ($RI < 0.5$) were still classified as pure freshwater. The worst contamination occurred in well L4T1 (RI 39, chloride 1,106.04 mg/L). In conclusion, the aquifer in this area has been intruded by seawater. The community is advised to limit the use of wells in the intruded zones, while prevention of further intrusion spread can be pursued through the construction of recharge ponds (embung) and the use of communal wells in safer areas.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim. Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Swt., atas rida-Nya saya dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. *Shalawat* dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad saw, semoga kita semua mendapatkan *syafaat* beliau di hari akhir.

Berkat karunia Allah Swt., penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Tingkat Intrusi Air Laut pada Akuifer Bebas dengan Metode *Indeks Revelle* di Gampong Mon Ikeun, Kabupaten Aceh Besar”. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Bapak Admiral dan Ibu Lusi Yanti selaku orang tua tercinta atas dukungan yang telah diberikan. Penulis juga menyadari bahwa kelancaran proses ini berkat bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah membimbing penulis pada tahap awal perencanaan penelitian hingga proses Seminar Proposal. Terima kasih atas ilmu, arahan awal, dan waktu yang telah bapak berikan kepada penulis.
4. Bapak Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing 1 yang telah bersedia memberikan arahan, bimbingan, serta curahan ilmu yang luar biasa sejak masa awal hingga selesainya tugas akhir ini. Penulis sangat berterima kasih atas setiap diskusi, kesabaran, dan motivasi yang bapak berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
5. Ibu Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan saran-saran, ketelitian dalam mengoreksi, serta dukungan yang sangat membantu penulis dalam menyempurnakan penulisan tugas akhir ini.

6. Ibu Ir. Syarifah Seicha Fathma, S.T., M.T., yang telah memberikan bantuan yang tak terhingga dalam membantu penulis mendapatkan beasiswa selama masa perkuliahan. Tanpa bantuan dan dukungan beliau dalam proses beasiswa tersebut, penulis mungkin tidak akan memiliki kesempatan untuk melanjutkan dan menyelesaikan studi hingga ke titik ini. Semoga Allah Swt. membalas segala kebaikan Ibu dengan keberkahan yang melimpah.
7. Ibu Firda Elvisa, S.E., selaku Staf Administrasi Program Studi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam hal administrasi.
8. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh atas segala arahan dan bimbingannya.
9. Ibu Nurul Huda, S.Pd., selaku Laboran Laboratorium Teknik Lingkungan.
10. Kepada adik-adik tersayang Febryan Alghifari, Wafa Ayla Dara dan Ubaid Rahman, yang selalu membuat penulis termotivasi untuk bisa terus belajar menjadi sosok kakak yang dapat memberikan pengaruh positif, baik dalam bidang akademik, serta berusaha menjadi panutannya di masa yang akan datang kelak.
11. Teman seperjuangan Teknik Lingkungan Angkatan 2022, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
12. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga Allah Swt. melimpahkan keberkahan-Nya atas bantuan semua pihak. Penulis menyadari adanya kekurangan dalam Tugas Akhir ini karena keterbatasan ilmu serta posisi penulis yang masih dalam tahap pembelajaran, sehingga dengan kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak.

Banda Aceh, 25 Juli 2026

Penulis,

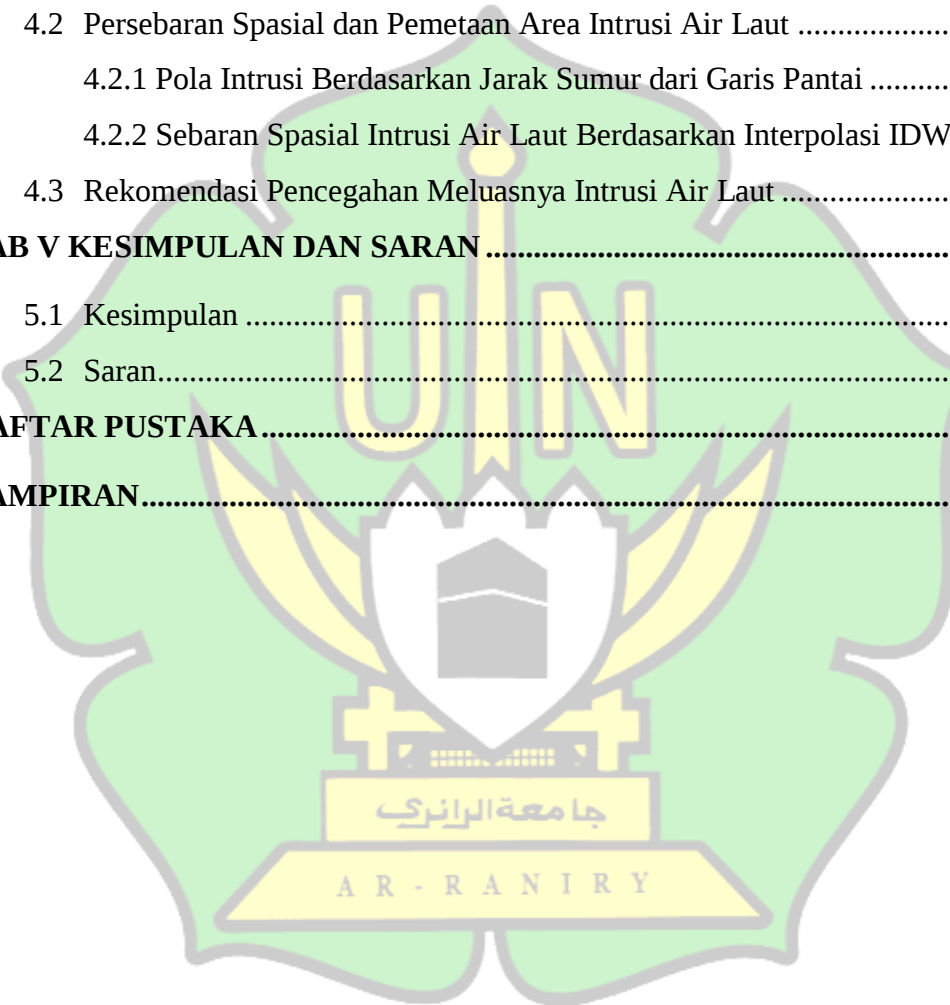
Nia Oktaviani

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Tanah	5
2.2 Akuifer	6
2.3 Intrusi Air Laut	8
2.4 Parameter Kualitas Air Tanah	10
2.4.1 Parameter fisik air tanah	10
2.4.1.1 Daya Hantar Listrik (DHL)	10
2.4.1.2 <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	10
2.4.1.3 Salinitas	11
2.4.2 Parameter kimia air tanah	11

2.4.2.1 pH (Derajat Keasaman)	11
2.4.2.2 Ion Klorida (Cl^-).....	12
2.4.2.3 Ion Bikarbonat (HCO_3^-)	13
2.4.2.4 Ion Karbonat (CO_3^{2-})	14
2.5 Metode <i>Indeks Revelle</i>	14
2.6 Analisis Spasial dengan Metode <i>Inverse Distance Weighted (IDW)</i>	15
2.7 Penelitian Terdahulu	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	22
3.1.1 Lokasi Penelitian.....	22
3.1.2 Jadwal Rencana Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan.....	25
3.2.1 Alat.....	25
3.2.2 Bahan.....	25
3.3 Tahapan Penelitian.....	26
3.4 Variabel Penelitian.....	28
3.5 Metode Penelitian.....	28
3.5.1 Penentuan Titik Sampling Pengamatan	29
3.5.2 Pemilihan Jarak Titik Sampel	30
3.5.3 Metode Pengambilan Sampel.....	31
3.6 Metode Analisis Laboratorium.....	31
3.6.1 Analisis Klorida (Cl^-).....	31
3.6.2 Analisis Karbonat CO_3^{2-} – dan Bikarbonat HCO_3^- –	33
3.7 Analisis Data	34
3.7.1 Klasifikasi Mutu Air Tanah	34
3.7.2 Analisis Tingkat Intrusi (<i>Indeks Revelle</i>).....	35
3.7.3 Analisis Spasial Pemetaan Sebaran Intrusi	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Tingkat Intrusi Air Laut Berdasarkan Klasifikasi <i>Indeks Revelle</i>	38
4.1.1 Gambaran Umum Pelaksanaan Penelitian	38
4.1.2 Kondisi Parameter Air Tanah.....	39

4.1.2.1 Hasil Analisis Derajat Keasaman (pH)	39
4.1.2.2 Hasil Analisis Daya Hantar Listrik (DHL)	40
4.1.2.3 Hasil Analisis <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS).....	41
4.1.2.4 Hasil Analisis Salinitas	43
4.1.3 Konsentrasi Klorida, Bikarbonat, dan Karbonat pada Air Tanah .	45
4.1.4 Perhitungan dan Klasifikasi <i>Indeks Revelle</i>	48
4.2 Persebaran Spasial dan Pemetaan Area Intrusi Air Laut	50
4.2.1 Pola Intrusi Berdasarkan Jarak Sumur dari Garis Pantai	50
4.2.2 Sebaran Spasial Intrusi Air Laut Berdasarkan Interpolasi IDW ...	52
4.3 Rekomendasi Pencegahan Meluasnya Intrusi Air Laut	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan Akuifer.	6
Gambar 2.2 Hubungan Antara Air Tawar Dengan Air Laut.	9
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Gampong Mon Ikeun	22
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.	26
Gambar 4.1 Grafik Parameter pH Air Tanah pada Setiap Titik Sampling.....	40
Gambar 4.2 Grafik Parameter DHL Air Tanah pada Setiap Titik Sampling	41
Gambar 4.3 Grafik Parameter TDS Air Tanah pada Setiap Titik Sampling	43
Gambar 4.4 Grafik Parameter Salinitas Air Tanah pada Setiap Titik Sampling. 44	
Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Ion Klorida dan Bikarbonat pada Setiap Titik Sumur.....	47
Gambar 4.6 Grafik Nilai <i>Indeks Revelle</i> pada 15 Titik Sumur.....	49
Gambar 4.7 Peta Interpolasi IDW Nilai <i>Indeks Revelle</i>	53
Gambar 4.8 Peta Zonasi Tingkat Intrusi Air Laut di Gampong Mon Ikeun	55

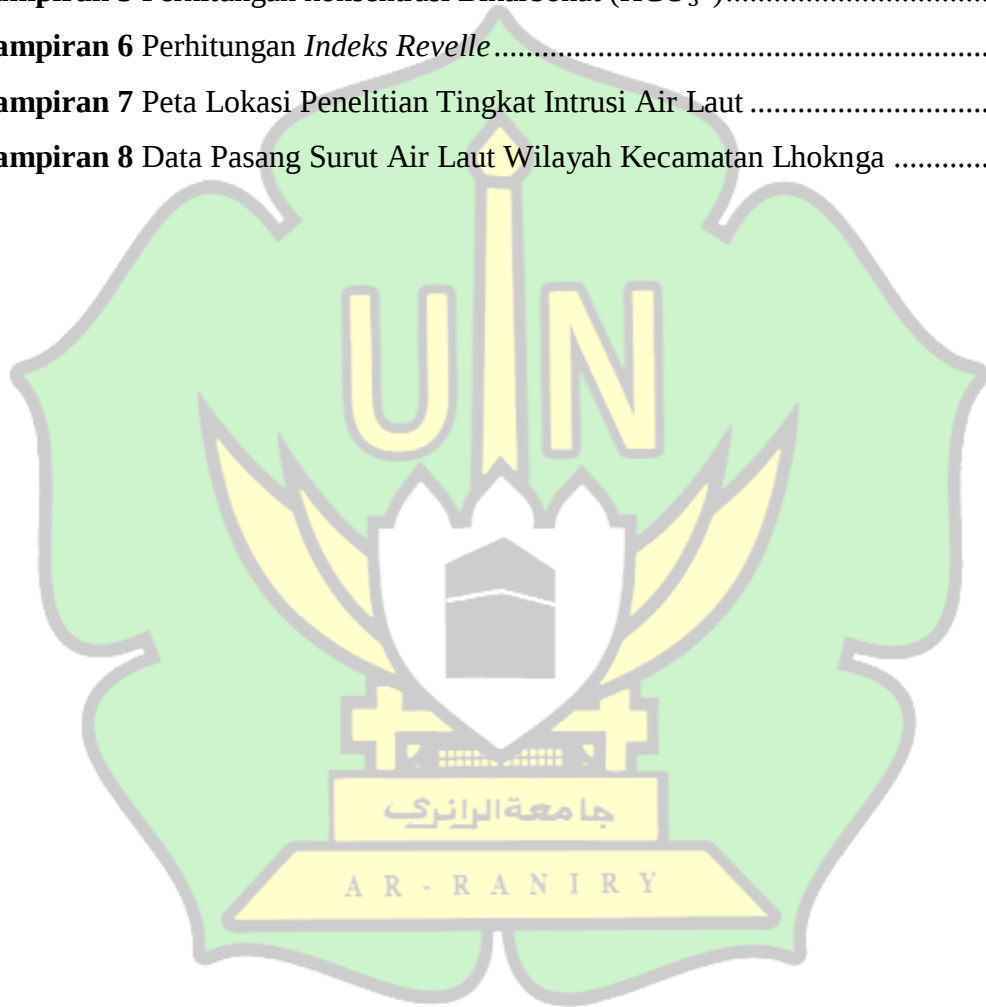


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Air Tanah Berdasarkan Daya Hantar Listrik	10
Tabel 2.2 Standar Baku Mutu TDS Keperluan Higiene Sanitasi serta Kualitas Air Minum dan Air Bersih	11
Tabel 2.3 Klasifikasi Air Tanah Berdasarkan Tingkas Salinitas.....	11
Tabel 2.4 Standar Baku Mutu pH Keperluan Higiene Sanitasi serta Kualitas Air Minum dan Air Bersih	12
Tabel 2.5 Tabel Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3.1 Jadwal Rencana Penelitian.	24
Tabel 3.2 Daftar Alat yang Digunakan Dalam Penelitian.....	25
Tabel 3.3 Bahan-Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian.	25
Tabel 3.4 Lokasi dan Titik Koordinat Sampling	30
Tabel 3.5 Pemilihan jarak titik sampel.....	30
Tabel 3.6 Hubungan Alkalinitas (SNI 06-2420-1991).....	34
Tabel 3.7 Klasifikasi parameter DHL dan Klorida	35
Tabel 3.8 Klasifikasi <i>Indeks Revelle</i>	36
Tabel 4.1 Kondisi Aktual Pelaksanaan Pengambilan Sampel.....	39
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter pH Air Tanah	39
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)	41
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Parameter TDS Air Tanah	42
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Parameter Salinitas Air Tanah	43
Tabel 4.6 Hasil Analisis Klorida dengan Metode Mohr	45
Tabel 4.7 Hasil Analisis Karbonat dan Bikarbonat Berdasarkan Titrasi Asidimetri.....	46
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan <i>Indeks Revelle</i> pada Setiap Titik Sumur.....	48
Tabel 4.9 Pola <i>Indeks Revelle</i> Berdasarkan Kelompok Jarak dari Garis Pantai ..	50
Tabel 4.10 Data Input Pemetaan IDW Nilai <i>Indeks Revelle</i>	52
Tabel 4.11 Luas Zona Intrusi Berdasarkan Hasil Pemetaan IDW.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan Penelitian di Lapangan dan Laboratorium .	63
Lampiran 2 Standardisasi Larutan Perak Nitrat (AgNO_3)	65
Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Klorida (Cl^-).....	66
Lampiran 4 Perhitungan konsentrasi Karbonat (CO_3^{2-})	68
Lampiran 5 Perhitungan konsentrasi Bikarbonat (HCO_3^-).....	68
Lampiran 6 Perhitungan <i>Indeks Revelle</i>	71
Lampiran 7 Peta Lokasi Penelitian Tingkat Intrusi Air Laut	76
Lampiran 8 Data Pasang Surut Air Laut Wilayah Kecamatan Lhoknga	79



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan paling mendasar bagi kehidupan manusia, namun akses terhadap air bersih yang layak melalui jaringan perpipaan resmi di Indonesia belum sepenuhnya merata (Anggraini dkk., 2025). Meskipun pemerintah terus berupaya meningkatkan layanan, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) faktanya belum mampu menjangkau seluruh wilayah. Di Provinsi Aceh cakupan pelayanan air bersih perpipaan baru mencapai 37,77% berdasarkan data Kapasitas dan Layanan PDAM Tahun 2023 (BPS Nasional, 2023). Keterbatasan layanan perpipaan ini pada akhirnya memaksa sebagian besar masyarakat untuk mencari alternatif penyediaan air secara mandiri.

Alternatif mandiri yang paling banyak dipilih oleh masyarakat adalah pemanfaatan air tanah. Hal ini sejalan dengan data Badan Pusat Statistik (BPS Aceh, 2023) yang mencatat bahwa dari 92,80% rumah tangga di Aceh yang memiliki akses air minum layak, mayoritasnya didominasi oleh penggunaan air sumur bor maupun sumur gali terlindung. Namun, pemanfaatan air tanah secara masif yang tidak diimbangi dengan ketersediaan imbuhan air (*recharge*) dapat memicu penurunan muka air tanah dan mengubah keseimbangan hidrolika akuifer (Kodoatie, 2012). Ketidakseimbangan ini sangat rentan memicu intrusi air laut, seperti kasus yang telah terjadi di Jakarta Utara akibat eksploitasi air tanah yang berlebihan. Hasil penelitian Asih dkk. (2024) di kawasan pesisir tersebut menunjukkan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) 196,3 - 5640 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan TDS 131 - 3760 mg/L, yang menjadi indikator kuat adanya pencampuran air tawar dengan air payau hingga air asin. Kondisi ini menjadi bukti nyata bahwa fenomena intrusi air laut dapat menurunkan kualitas air tanah secara signifikan dan menjadikannya tidak layak guna.

Penggunaan air tanah dengan jumlah yang banyak juga terjadi di Gampong Mon Ikeun karena sumber air bersih tidak didapatkan dari PDAM, tapi seluruh penduduk hanya mengandalkan air tanah. Kerentanan akuifer pesisir di wilayah ini telah menunjukkan tanda-tanda degradasi kualitas yang serius. Hal ini

diperkuat dengan fakta lapangan bahwa air di beberapa sumur warga Gampong Mon Ikeun kini mulai terasa payau. Jika terjadi intrusi air laut, maka kualitas air sumur akan menurun karena meningkatnya kadar garam. Dampaknya adalah air tidak lagi optimal untuk dikonsumsi maupun digunakan dalam aktivitas rumah tangga.

Sebagai langkah awal untuk memvalidasi dugaan adanya intrusi tersebut, peneliti telah melakukan uji pendahuluan kualitas air sumur akuifer bebas pada dua titik lokasi berbeda di kawasan pesisir Gampong Mon Ikeun. Titik pertama di kawasan Babah Kuala menunjukkan hasil pengukuran pH 8,39, Daya Hantar Listrik (DHL) 734 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) 405 mg/L, dan salinitas 0,4 ppt. Sementara itu, hasil yang lebih signifikan ditemukan pada titik kedua di kawasan Pulo Kapok, dengan pH mencapai 8,63, DHL 1.080 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS 599 mg/L, dan salinitas 0,6 ppt. Mengacu pada regulasi Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, nilai pH pada titik Pulo Kapok (8,63) telah melampaui ambang batas maksimum yaitu 8,5. Demikian halnya dengan nilai TDS pada kedua titik pengukuran yang telah melampaui ambang batas maksimum (<300 mg/L). Tingginya nilai TDS dan nilai salinitas (0,6 ppt) yang telah melewati batas air tawar murni ($<0,5$ ppt), semakin mengindikasikan bahwa air tanah di lokasi tersebut mulai mengalami pencampuran dengan air laut.

Meskipun hasil uji awal menunjukkan tingginya nilai pH, TDS dan salinitas, data tersebut belum cukup kuat untuk menyimpulkan adanya intrusi air laut, karena peningkatan kadar garam juga bisa dipicu oleh pencemaran aktivitas manusia (antropogenik). Berdasarkan urgensi permasalahan masyarakat Gampong Mon Ikeun, maka penelitian mendalam mengenai tingkat intrusi air laut menjadi sangat penting untuk dilakukan. Penelitian ini akan menerapkan metode *Indeks Revelle* sebagai pendekatan geokimia untuk mengukur tingkat keparahan intrusi secara kuantitatif. Metode ini menggunakan rasio ion klorida (Cl^-), ion bikarbonat (HCO_3^-) dan ion karbonat (CO_3^{2-}) sebagai indikator sensitif untuk membedakan karakteristik air tawar alami dan air yang telah bercampur dengan air laut, sehingga tingkat keparahan intrusi dapat dipetakan secara akurat. Serta memanfaatkan analisis spasial untuk memetakan sebaran zonasi air tanah yang terdampak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, untuk menganalisis tingkat dan sebaran intrusi air laut di kawasan Gampong Mon Ikeun, maka dirumuskan beberapa permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat keparahan intrusi air laut pada akuifer bebas di Gampong Mon Ikeun jika ditinjau berdasarkan klasifikasi metode *Indeks Revelle*?
2. Bagaimana persebaran area intrusi air laut di kawasan pesisir Gampong Mon Ikeun berdasarkan pemetaan nilai *Indeks Revelle*?
3. Bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah semakin meluasnya intrusi air laut di Gampong Mon Ikeun berdasarkan sebaran tingkat intrusi air laut yang teridentifikasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui tingkat keparahan intrusi air laut pada akuifer bebas di Gampong Mon Ikeun ditinjau berdasarkan klasifikasi metode *Indeks Revelle*.
2. Memetakan persebaran area intrusi air laut di kawasan pesisir Gampong Mon Ikeun berdasarkan hasil perhitungan nilai *Indeks Revelle*.
3. Memberikan rekomendasi upaya pencegahan meluasnya intrusi air laut di Gampong Mon Ikeun berdasarkan hasil pemetaan zona intrusi air laut.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dihasilkannya peta sebaran intrusi air laut di Gampong Mon Ikeun, sehingga dapat diketahui secara jelas batas wilayah dan area yang air tanahnya masih tawar dan yang telah terintrusi air laut.
2. Memberikan informasi ilmiah mengenai zona aman dan zona rawan intrusi berdasarkan kualitas kimia air, sehingga dapat menjadi acuan bagi

masyarakat dan pemerintah gampong dalam perencanaan lokasi pembangunan sumur air bersih yang layak konsumsi.

3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai data dasar dan referensi ilmiah untuk penelitian lanjutan yang berkaitan dengan hidrogeologi dan pemantauan intrusi air laut di kawasan pesisir Lhoknga.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini dapat terfokus dan mencapai tujuannya, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa aspek berikut:

1. Lokasi penelitian hanya difokuskan pada kawasan Gampong Mon Ikeun, dimana sampelnya akan diambil pada air tanah dangkal (akuifer bebas) dari 15 sumur gali warga.
2. Parameter kualitas air yang diuji meliputi parameter fisik dan parameter kimia untuk perhitungan *Indeks Revelle*. Parameter fisik diukur sebagai indikator awal penurunan mutu air yang dapat langsung dibandingkan dengan baku mutu air bersih dan air minum yang berlaku sehingga hasilnya mudah dipahami secara praktis oleh masyarakat.
3. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *single sampling* atau hanya satu kali pengambilan pada saat fase pasang, sehingga hasil pemetaan tidak dapat merepresentasikan dinamika antara pasang dan surut.
4. Pemetaan *Inverse Distance Weighted* (IDW) yang menggunakan 15 titik sumur bersifat estimasi awal yang belum mempertimbangkan kontur kedalaman akuifer secara 3 dimensi (3D).
5. Penelitian ini tidak memiliki data historis mengenai kondisi kualitas air tanah atau tingkat intrusi air laut di Gampong Mon Ikeun pada periode sebelumnya, sehingga hasil penelitian ini hanya menggambarkan kondisi intrusi pada saat penelitian dilakukan dan tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan sejak kapan atau seberapa cepat proses intrusi tersebut berlangsung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

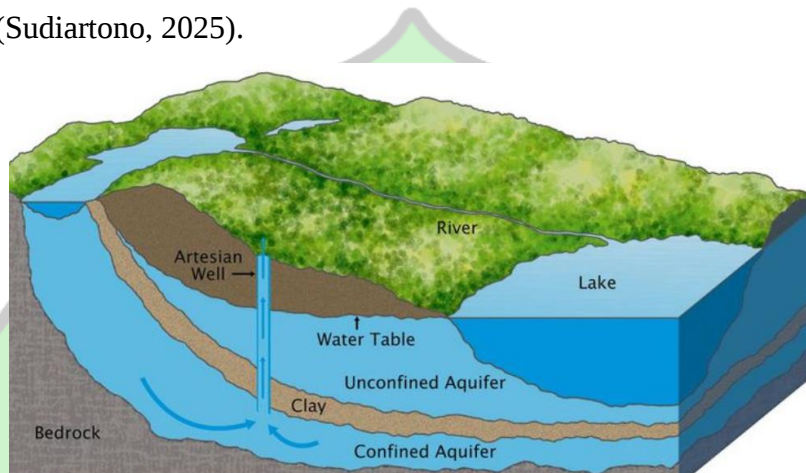
2.1 Air Tanah

Secara umum air tanah diartikan sebagai air yang berada dan berasal dari lapisan tanah, baik air yang berada pada lapisan tanah tak jenuh maupun air yang berada pada lapisan tanah jenuh. Air yang berada pada lapisan tanah tak jenuh (*soil water*), akan menunjang kehidupan vegetasi di permukaan. Sedangkan air yang berada pada lapisan tanah jenuh (*groundwater*), menjadi deposit air di dalam lapisan tanah, yang bisa keluar melalui mata air (*artesis*), atau tinggal dalam lapisan tanah sebagai air fosil (*fossil water*) (Darwis, 2018). Kualitas air tanah sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti jenis batuan penyusun akuifer dan bentuk lahan di sekitarnya. Secara spesifik, karakteristik fisik air tanah dapat diamati melalui parameter seperti bau, rasa, warna, kekeruhan, dan Daya Hantar Listrik (DHL), sedangkan karakteristik kimianya ditentukan oleh kandungan ion-ion terlarut seperti pH, kesadahan, serta ion mayor lainnya. (Priyono dkk., 2023).

Sumber utama pengisian (*recharge*) air tanah berasal dari air hujan yang mengalami infiltrasi melalui pori-pori tanah, namun keberadaannya tidak merata di setiap tempat dan sangat bergantung pada kondisi geologi serta curah hujan. Secara alamiah, air tanah akan bergerak dari daerah dengan potensial tinggi menuju daerah dengan potensial yang lebih rendah mengikuti hukum hidrolika. Namun, keseimbangan ini rentan terganggu di wilayah pesisir. Eksploitasi air tanah yang berlebihan akibat peningkatan populasi dan aktivitas industri dapat menyebabkan penurunan muka air tanah secara signifikan. Kondisi ini mengubah pola aliran alami, di mana tekanan air tawar yang melemah tidak lagi mampu menahan desakan air laut, sehingga memicu masuknya air asin ke dalam akuifer air tawar (Maghfirah, 2018).

2.2 Akuifer

Akuifer didefinisikan sebagai formasi geologi atau formasi yang mengandung bahan jenuh air. Akuifer memiliki kemampuan khusus, yaitu mampu menyimpan air dan sekaligus meloloskan air dalam jumlah yang cukup dan ekonomis untuk dikembangkan (misalnya untuk sumur). Selain itu, istilah akuifer juga sering digunakan untuk menyebut lapisan yang berpotensi mengandung air tanah, di mana sifat batuan penyusunnya sangat menentukan keterdapatan air tanah tersebut (Sudiartono, 2025).



Gambar 2.1 Lapisan Akuifer.

Sumber: Kompas.com (2020).

Berdasarkan kemampuannya dalam menyimpan dan meloloskan air, formasi geologi di bawah permukaan tanah dibagi menjadi empat jenis sebagai berikut:

- a. Akuifer (*Aquifer*) merupakan lapisan batuan yang memiliki susunan sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah yang cukup berarti atau ekonomis untuk dimanfaatkan. Contoh batuan yang termasuk dalam kategori akuifer antara lain adalah pasir, kerikil, batu pasir, dan batu gamping yang memiliki celah atau lubang.
- b. Akuiklad (*Aquiclude*) adalah lapisan batuan yang mampu menyimpan air (jenuh air), namun tidak memiliki kemampuan untuk meloloskan air dalam jumlah yang berarti. Material yang termasuk dalam jenis ini adalah lempung (*clay*), lanau, tuf halus, dan sebagian batuan lempung berpasir, yang meskipun mengandung air, pori-porinya tidak mendukung aliran air yang lancar.

- c. *Akuifug (Aquifuge)* merupakan lapisan batuan yang sama sekali tidak dapat menyimpan air dan juga tidak dapat meloloskan air. Lapisan ini biasanya terdiri dari batuan yang sangat padat dan kompak, seperti batuan granit atau batuan beku lainnya yang tidak memiliki celah, sehingga air tidak dapat masuk maupun mengalir melaluinya.
- d. *Akuitar (Aquitard)* adalah lapisan batuan yang dapat menyimpan air, namun kemampuan meloloskan airnya sangat terbatas atau kecil. Meskipun aliran air yang melewatinya tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan sumur secara langsung, jumlah air yang lolos bisa menjadi signifikan jika dihitung dalam area yang luas sebagai kebocoran antar lapisan akuifer, contohnya adalah lapisan lempung berpasir.

Berdasarkan sifat kelulusan lapisan batuan yang membatasinya, akuifer dibedakan menjadi empat jenis:

- a. *Akuifer Bebas (Unconfined Aquifer)* yang juga dikenal sebagai *water table aquifer* atau *phreatic aquifer*, adalah akuifer di mana batas atasnya merupakan muka air tanah (*water table*) dan batas bawahnya adalah lapisan kedap air. Pada akuifer jenis ini, tekanan air di permukaan sama dengan tekanan atmosfer, dan fluktuasi muka air tanah sangat dipengaruhi oleh adanya hujan atau imbuhan air dari permukaan.
- b. *Akuifer Tertekan (Confined Aquifer)* adalah akuifer yang seluruhnya jenuh air dan dibatasi baik di bagian atas maupun di bagian bawahnya oleh lapisan kedap air (akuiklad atau akuifug). Karena "terjepit" di antara lapisan kedap air di dalam akuifer ini memiliki tekanan yang lebih besar daripada tekanan atmosfer, sehingga jika dilakukan pengeboran, air akan naik melebihi batas atas akuifer tersebut, atau bahkan memancar keluar sebagai sumur artesis.
- c. *Akuifer Bocor (Leaky Aquifer)* atau sering disebut *semi-confined aquifer*, merupakan akuifer yang dibatasi oleh lapisan kedap air di bagian bawahnya, namun di bagian atasnya dibatasi oleh akuitar yang bersifat semi-lolos air. Kondisi ini memungkinkan terjadinya pergerakan air atau rembesan dari lapisan di atasnya masuk ke dalam akuifer, meskipun laju alirannya relatif lambat jika dibandingkan dengan aliran horizontal di dalam akuifer itu sendiri.

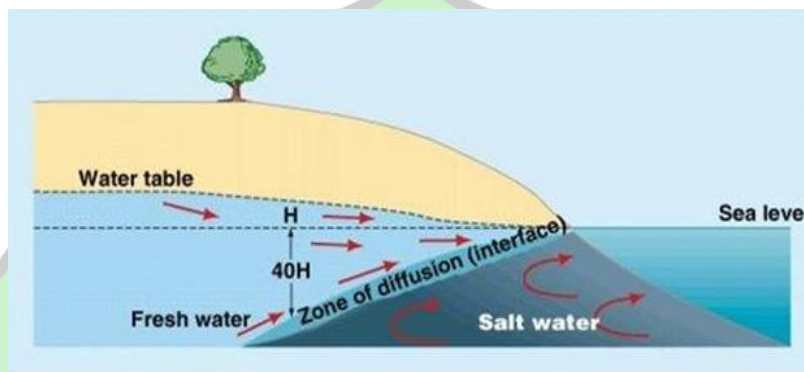
- d. Akuifer Melayang (*Perched Aquifer*) terbentuk ketika ada lapisan kedap air (seperti lensa lempung) yang terletak di zona tak jenuh air, posisinya berada di atas muka air tanah utama. Lapisan kedap air yang menggantung ini menahan air infiltrasi dari permukaan, sehingga terbentuklah zona jenuh air lokal yang terpisah dan berada di atas akuifer regional yang sebenarnya (Kodoatie, 2012).

2.3 Intrusi Air Laut

Intrusi air laut merupakan sebuah fenomena di mana air laut mendesak masuk atau menyusup ke dalam akuifer air tawar yang berada di daratan. Secara prinsip fisika, air laut memiliki massa jenis yang lebih berat dibandingkan air tawar, sehingga secara alami air laut akan menekan dan berada di bawah air tawar. Dalam kondisi normal di wilayah pesisir, terdapat sebuah keseimbangan alamiah antara air tanah tawar yang mengalir ke laut dan air laut yang berada di bawah tanah, batas pertemuan antara kedua jenis air ini dikenal sebagai *interface*. Namun, ketika keseimbangan ini terganggu, air laut akan bergerak lebih jauh ke arah daratan dan mencemari sumber air tanah yang ada. Peristiwa perpindahan air asin ke dalam akuifer air tawar ini mengakibatkan kontaminasi pada sumber air minum dan mengubah karakteristik air tanah di wilayah tersebut (Gemilang dkk., 2016).

Secara sederhana, intrusi air laut merupakan masuknya air asin ke daratan mengisi lapisan akuifer yang kekurangan volume air. Hal ini disebabkan oleh aktivitas pengambilan air tanah untuk kebutuhan domestik dan industri yang melebihi batas, sehingga menciptakan ruang kosong dan menurunkan level air tanah. Penurunan ini memudahkan air laut untuk mendesak masuk, bercampur dengan air tawar, dan menyebabkan perubahan rasa serta penurunan mutu air tanah tersebut (Ariyanto dkk., 2016). Ketika intrusi terjadi, air tanah yang sebelumnya tawar dapat berubah menjadi payau atau bahkan asin, sehingga mengurangi kualitas dan ketersediaan sumber daya air untuk keperluan sehari-hari. Fenomena ini juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor alam seperti karakteristik geologi daerah pantai dan fluktuasi muka air tanah. Dalam kondisi normal, terdapat batas (*interface*) antara air tawar dan air asin, (Ardaneswati dkk., 2016).

Air tawar dan air asin memiliki hubungan yang erat, terutama dalam konteks hidrologi dan ekosistem. Air tawar, seperti yang terdapat di sungai dan danau, memiliki kandungan garam yang sangat rendah, biasanya kurang dari 0,05%, sedangkan air laut mengandung sekitar 3,5% garam, terutama natrium klorida (NaCl). Perbedaan ini membuat air tawar terasa tidak berasa, sementara air laut terasa asin. Di daerah pesisir, intrusi air laut dapat terjadi ketika air asin menyusup ke akuifer air tawar akibat pemompaan air tanah yang berlebihan atau pengaruh pasang surut (Asri dkk., 2023).



Gambar 2.2 Hubungan Antara Air Tawar Dengan Air Laut.
Sumber : Vienastra.WorldPress.com (2020).

Fenomena intrusi air laut memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan di wilayah pesisir. Masuknya air laut ke daratan menyebabkan penurunan kualitas air tanah secara drastis, sehingga sumber air bersih menjadi langka dan berubah rasa menjadi payau. Kondisi ini memaksa masyarakat untuk mengeluarkan biaya ekstra guna membeli air tawar demi memenuhi kebutuhan air minum sehari-hari. Selain berdampak pada kebutuhan dasar manusia, intrusi air laut juga mengganggu keseimbangan lingkungan dengan merusak keanekaragaman hayati di kawasan pesisir. Lebih jauh lagi, tingginya kadar garam akibat intrusi ini mempercepat kerusakan infrastruktur, khususnya memicu proses korosi yang lebih cepat pada material bangunan atau peralatan yang berbahan dasar besi (Latumeten dkk., 2023).

2.4 Parameter Kualitas Air Tanah

2.4.1 Parameter fisik air tanah

2.4.1.1 Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya Hantar Listrik (DHL) merupakan kemampuan dari suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. DHL merupakan ukuran terhadap konsentrasi total elektrolit di dalam air. Kandungan elektrolit tersebut merupakan garam-garam yang terlarut dalam air, dan berkaitan dengan kemampuan air di dalam untuk menghantarkan arus listrik. Semakin banyak garam-garam yang terlarut semakin besar nilai DHL. DHL dinyatakan dalam satuan *micro siesmens per sentimeter* ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Margareta & Toruan, 2022). Berdasarkan nilai DHL, jenis air dapat dibedakan berdasarkan nilai pengukuran DHL dalam $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada suhu 25°C pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Air Tanah Berdasarkan Daya Hantar Listrik

DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 25°C)	Jenis Air
<1.500	Tawar
1.500 – 5.000	Tawar – Payau
5.000 – 15.000	Payau
15.000 – 50.000	Asin

(PAHIAA- Jakarta (1986) dalam Nisa dkk, (2012)).

2.4.1.2 Total Dissolved Solids (TDS)

Total Dissolved Solids (TDS) didefinisikan sebagai jumlah seluruh zat padat terlarut yang terkandung di dalam air, mencakup ion-ion organik, senyawa, maupun koloid. Satuan yang umum digunakan untuk menyatakan kadar TDS adalah *parts per million* (ppm) atau *miligram per liter* (mg/L). Hubungan antara TDS dengan intrusi air laut dapat dilihat dari prinsip konduktivitas listrik yaitu air laut yang kaya akan mineral dan garam terlarut memiliki konsentrasi ion yang tinggi, sehingga semakin tinggi konsentrasi TDS yang terionisasi (seperti akibat masuknya air laut ke sumber air tawar), semakin besar pula nilai konduktivitas listrik air tersebut. TDS mencakup semua zat terlarut dalam air, baik yang bersifat organik maupun anorganik. Ini termasuk ion-ion seperti natrium, kalsium, magnesium, klorida, dan sulfat. Kadar TDS yang tinggi dapat menunjukkan adanya kontaminan yang berpotensi membahayakan kesehatan jika air tersebut dikonsumsi. Tingkat TDS yang tinggi dapat mempengaruhi rasa, kejernihan, dan bahkan konduktivitas listrik air. Menurut standar WHO, air minum yang baik memiliki kadar TDS kurang dari

300 mg/L (Zamora & Wildian, 2015). Berdasarkan Permenkes Nomor 2 tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, Persyaratan TDS untuk kualitas air minum dan air bersih pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Baku Mutu TDS Keperluan Higiene Sanitasi serta Kualitas Air Minum dan Air Bersih

Parameter Wajib	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)	Air Minum	Air Bersih
Zat padat terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	<300 mg/L	<300 mg/L	<300 mg/L

(Permenkes RI No. 2 Tahun 2023).

2.4.1.3 Salinitas

Salinitas adalah suatu kadar garam atau tingkat keasinan yang terlarut dalam air. Salinitas disebut sebagai kandungan dalam air yang mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam dari sebagian besar saluran alami, danau dan sungai sangat kecil sehingga dapat dikategorikan sebagai air tawar (Annam dkk., 2022). Berdasarkan hasil penelitian (Hidayat dkk., 2011) menyatakan air laut memiliki kadar garam sekitar 33 ppt, sedangkan kadar garam air payau berkisar 1-3 ppt. Air minum tidak boleh mengandung garam lebih dari 0,4 ppt. Maka hal ini menunjukkan air tanah pada sumur dangkal pada daerah penelitian tidak layak dikonsumsi. Berdasarkan penelitian Todd (1980), klasifikasi air tanah berdasarkan tingkat salinitas, disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi Air Tanah Berdasarkan Tingkas Salinitas

Salinitas	Sifat Air
<0,5	Air tanah tawar
0,5-30	Air tanah payau
30-40	Air tanah asin
>40	Air tanah brines

(Todd (1980) dalam Edwin dkk., (2018)).

2.4.2 Parameter kimia air tanah

2.4.2.1 pH (Derajat Keasaman)

pH adalah ukuran konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam suatu larutan, yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, dengan nilai 7 sebagai netral. Larutan dengan pH di bawah 7 dianggap asam, sedangkan yang di atas 7 dianggap basa. Dalam konteks intrusi air laut, pH berperan

penting karena perubahan nilai pH pada air tanah dapat mengindikasikan adanya pencemaran oleh air asin. Ketika intrusi terjadi, kadar salinitas dan pH pada air tanah dapat berubah. (Rumpakwakra dkk., 2024). Nilai pH yang tinggi pada area yang jauh dari garis pantai menunjukkan bahwa air tersebut tidak terpengaruh oleh intrusi, sementara nilai TDS dan salinitas yang tinggi di dekat garis pantai mengindikasikan adanya intrusi air laut. Menurut Permenkes Nomor 2 tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan. Tingkat keasaman untuk kualitas air minum dan air bersih pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Standar Baku Mutu pH Keperluan Higiene Sanitasi serta Kualitas Air Minum dan Air Bersih

Parameter	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)	Air Minum	Air Bersih
pH	6,5 – 8,5 mg/L	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5

(Permenkes RI No. 2 Tahun 2023).

2.4.2.2 Ion Klorida (Cl⁻)

Berdasarkan penelitian (Suhartono dkk., 2015) dalam konteks hidrogeologi pulau koral, ion klorida (Cl⁻) didefinisikan sebagai indikator utama untuk mengidentifikasi kontaminasi atau intrusi air laut ke dalam akuifer air tanah. Hal ini didasarkan pada karakteristik kimiawi air laut itu sendiri, di mana garam (NaCl) pada air laut terbentuk atas komposisi yang didominasi oleh klorida sebesar 60,7% dan sodium (Na) sebesar 39,3%. Karena dominasinya tersebut, besaran nilai Cl⁻ dianggap cukup representatif untuk menggambarkan besarnya pengaruh intrusi air laut.

Konsentrasi ion klorida dianalisis menggunakan metode perbandingan terhadap ion bikarbonat (HCO₃⁻). Pendekatan ini digunakan karena air tanah yang tawar secara alami didominasi oleh ion bikarbonat, namun ketika terjadi intrusi, tingginya kadar klorida akan menggeser dominasi ion bikarbonat air tawar tersebut. Dengan demikian, semakin tinggi nilai hasil bagi (rasio) antara ion klorida dengan ion bikarbonat, maka semakin besar pula tingkat keparahan dampak intrusi air laut yang terjadi pada air tanah tersebut (Cahyadi dkk., 2017).

Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, standar baku mutu air minum menetapkan kadar maksimum Klorida (Cl⁻) yang diperbolehkan adalah sebesar 250 mg/l. Ambang

batas ini ditetapkan karena konsentrasi klorida di atas angka tersebut dapat menyebabkan air terasa payau atau asin serta bersifat korosif, sehingga tidak layak untuk dikonsumsi. Analisis kadar klorida air sumur gali dilakukan menggunakan metode titrasi argentometri (Metode Mohr). Metode Mohr digunakan untuk menentukan kadar klorida dengan larutan baku perak nitrat (AgNO_3) dan indikator kalium kromat (K_2CrO_4) (Huljani & Rahma, 2018).

2.4.2.3 Ion Bikarbonat (HCO_3^-)

Berdasarkan penelitian (Santosa dkk., 2021) di Teluk Banten, ion bikarbonat (HCO_3^-) dijelaskan sebagai penanda utama air yang masih tawar dan alami. Sederhananya, jika air tanah mengandung banyak ion bikarbonat, berarti air tersebut masih murni. Namun, keberadaan bikarbonat ini sangat sensitif terhadap serangan air laut. Peneliti menggunakan metode perbandingan (rasio) untuk melihat mana yang lebih kuat antara bikarbonat (tawar) melawan klorida (asin). Ketika intrusi air laut terjadi, klorida akan masuk dalam jumlah besar dan "mengusir" bikarbonat, sehingga jumlah bikarbonat menjadi sedikit. Oleh karena itu, jika hasil hitungan menunjukkan jumlah klorida jauh lebih tinggi daripada bikarbonat, itu adalah bukti kuat bahwa air tanah di wilayah tersebut sudah tercemar parah oleh air laut.

Tingkat kebasaan suatu sampel air tanah dinyatakan dalam nilai yang disebut alkalinitas. Dengan kata lain alkalinitas diartikan sebagai berapa besar asam yang digunakan untuk menetralkan air tanah. Tingginya alkalinitas dalam air disebabkan oleh ionisasi asam karbonat, terutama pada air yang banyak mengandung karbon dioksida dalam air bereaksi dengan basa yang terdapat pada batuan dan tanah dan membentuk bikarbonat (Rinaldi., 2022).

Dalam konteks analisis senyawa yang bersifat basa, seperti ion bikarbonat (HCO_3^-), metode yang diterapkan adalah asidimetri. Asidimetri didefinisikan sebagai suatu cara penentuan konsentrasi larutan yang bersifat basa secara kuantitatif dengan menggunakan larutan baku asam sebagai penitar titran. Prinsip dasar dari metode ini bergantung pada reaksi penetralan antara ion hidrogen (H^+) dari asam dengan ion hidroksida (OH^-) atau basa dari sampel (Faiqah dkk., 2023).

2.4.2.4 Ion Karbonat (CO_3^{2-})

Dalam penelitian (Santosa dkk., 2021) Ion Karbonat (CO_3^{2-}) tidak dianalisis sebagai parameter tunggal, melainkan digunakan sebagai komponen penentu alkalinitas air tawar bersama dengan Ion Bikarbonat (HCO_3^-) untuk menghitung *Indeks Revelle*. *Indeks* ini berfungsi untuk menentukan tingkat intrusi air laut di mana penjumlahan karbonat dan bikarbonat bertindak sebagai pembagi atau penyeimbang terhadap tingginya kadar klorida. Pada penyajian data hasil penelitiannya, nilai ion karbonat digabungkan langsung dengan bikarbonat (total alkalinitas), yang berkisar antara 312 mg/L hingga 773,60 mg/L. Rendahnya nilai gabungan parameter air tawar ini dibandingkan dengan tingginya konsentrasi klorida di lokasi penelitian menyebabkan nilai *Indeks Revelle* meningkat, yang mengindikasikan bahwa air tanah di wilayah tersebut telah mengalami intrusi air laut dari tingkat sedang hingga tinggi.

Alkalinitas diartikan sebagai kapasitas air untuk menetralkan asam, yang merupakan faktor kapasitas yang berbeda dengan pH sebagai faktor intensitas. Secara kimiawi, nilai alkalinitas menunjukkan seberapa banyak basa di dalam air yang dapat dikonversi menjadi molekul tidak bermuatan oleh asam kuat. Di dalam air tanah, alkalinitas utamanya disebabkan oleh keberadaan ion bikarbonat (HCO_3^-) dan ion karbonat (CO_3^{2-}) sebagai basa lemah. Semakin tinggi nilai alkalinitas dalam suatu larutan, maka semakin tinggi pula konsentrasi ion bikarbonat dan karbonat di dalamnya (Shalahuddin, I., 2016).

2.5 Metode *Indeks Revelle*

Metode *Indeks Revelle* merupakan salah satu pendekatan hidrokimia yang dikembangkan oleh Revelle pada tahun 1941 untuk mengidentifikasi fenomena intrusi air laut pada sistem akuifer pantai secara kuantitatif. Metode ini didasarkan pada prinsip geokimia air, di mana terdapat perbedaan mendasar antara komposisi dominan pada air tanah tawar dan air laut. Secara alamiah, air tanah yang berasal dari imbuhan air hujan dan berinteraksi dengan batuan sedimen di daratan umumnya didominasi oleh ion bikarbonat (HCO_3^-). Sebaliknya, air laut memiliki karakteristik kimia yang sangat didominasi oleh ion klorida (Cl^-) sebagai komponen garam utamanya. Ketika intrusi terjadi, keseimbangan kimia air tanah akan

terganggu karena masuknya massa air laut yang menyebabkan peningkatan konsentrasi klorida dan penurunan proporsi bikarbonat, sehingga rasio antara kedua ion ini menjadi indikator yang sangat sensitif untuk mendeteksi pencampuran air tersebut (Latumeten dkk., 2023).

2.6 Analisis Spasial dengan Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW)

Metode IDW adalah cara perhitungan yang mengandalkan jarak untuk menentukan seberapa besar pengaruh suatu titik data. Prinsip sederhananya adalah lokasi yang berdekatan pasti memiliki kemiripan sifat yang lebih tinggi dibandingkan lokasi yang berjauhan. Oleh karena itu, saat kita ingin memperkirakan nilai di lokasi yang datanya kosong, metode ini akan memberikan bobot atau prioritas yang lebih besar pada data dari sumur atau titik sampel yang posisinya paling dekat, sementara titik yang jauh pengaruhnya dianggap lebih kecil (Bahtiar dkk., 2016).

Sementara itu (Yudanegara dkk., 2021) dalam penelitiannya mengenai Zona Nilai Tanah menjelaskan interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) adalah salah satu metode interpolasi spasial yang memiliki asumsi bahwa setiap titik input mempunyai pengaruh yang bersifat lokal yang berkurang terhadap jarak. Metode ini umumnya dipengaruhi oleh *inverse* jarak yang diperoleh dari persamaan matematika dan kita dapat menyesuaikan pengaruh relatif dari titik-titik sampel. Nilai *power* pada interpolasi IDW ini menentukan pengaruh terhadap titik-titik input, dimana pengaruh akan lebih besar pada titik-titik yang lebih dekat sehingga menghasilkan permukaan yang lebih detail. Pengaruh akan lebih kecil dengan bertambahnya jarak dimana permukaan yang dihasilkan kurang detail dan terlihat halus. Jika nilai *power* diperbesar maka nilai output menjadi lebih terlokalisasi dan memiliki nilai rata-rata yang rendah. Penurunan nilai *power* akan memberikan output dengan rata-rata yang lebih besar karena memberikan pengaruh yang lebih luas. Jika nilai *power* diperkecil, maka dihasilkan permukaan yang lebih halus. Bobot yang digunakan untuk rata-rata adalah turunan fungsi jarak antara titik sampel dan titik yang diinterpolasi.

2.7 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya dijadikan sebagai rujukan dan dasar dalam penyusunan tugas akhir ini. Penelitian-penelitian berikut membahas berbagai aspek yang relevan serta memberikan kontribusi signifikan terhadap topik yang diteliti. Ringkasan dari penelitian-penelitian terdahulu tersebut disajikan pada Tabel 2.5.



Tabel 2.5 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Judul, Nama, Tahun, Jurnal	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Identifikasi Intrusi Air Laut pada Air Tanah di Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh Aiya Maghfirah (2018) Skripsi (UIN Ar-Raniry)	Pendekatan menggunakan Penelitian kuantitatif-kualitatif (<i>mixed-method</i>). Teknik Sampling: • <i>Stratified Proportional Random Sampling</i> • <i>Purposive Sampling</i> • Kategori jarak dari bibir pantai dan sungai dibagi menjadi tiga zona: < 100 m, 100–300 m, dan > 300 m • Parameter yang digunakan adalah pH, DHL dan salinitas Analisis Data menggunakan software ArcGIS untuk membuat peta zonasi sebaran intrusi air laut dan menggunakan software SPSS 20 dengan metode Korelasi <i>Pearson Product Moment</i> untuk mencari hubungan antara variabel (jarak/kedalaman vs parameter kualitas air)	Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas air tanah di lokasi tersebut masih tergolong aman dengan dominasi kategori tawar, meskipun terdapat dua sumur yang masuk kategori payau dengan nilai DHL mencapai 6.145 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan salinitas 5‰. Analisis korelasi mengungkapkan bahwa jarak sumur ke garis pantai tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat keasinan, namun terdapat hubungan kuat dengan kedalaman sumur, semakin dalam sumur (mendekati muka air laut), nilai DHL dan salinitas cenderung meningkat. Faktor penyebab kondisi payau diduga dipengaruhi oleh kenaikan muka air laut, keberadaan tambak, serta karakteristik tanah aluvium yang memiliki porositas tinggi.

2	Aplikasi Metode Resistivitas 2D untuk Menentukan Intrusi Air Laut di Lambada Lhok Aceh Besar Aceh Nugraha (2019) Jurnal Ilmiah (<i>Jurnal Teknosains</i>).	Pendekatan menggunakan metode Resistivitas 2D dan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Teknik Sampling: • Terdapat 4 lintasan pengukuran, yang terdiri dari 3 lintasan di Desa Lambada Lhok (LL1, LL2, LL3) sebagai area terduga intrusi dan 1 lintasan di Desa Kajhu (LL4) sebagai pembanding bebas intrusi. • Parameter Fisika: Beda potensial, Kuat arus, Faktor Geometri, dan Resistivitas Semu Analisis Data menggunakan perangkat lunak Res2Dinv untuk melakukan inversi data dan membuat pemodelan penampang resistivitas 2 dimensi (2D)	Hasil pemodelan menunjukkan adanya zona intrusi yang jelas pada lapisan pasir lempungan (<i>top soil</i>) di Desa Lambada Lhok, dengan nilai resistivitas rendah yang mencapai kedalaman hingga 29 meter. Sebaliknya, di Desa Kajhu tidak ditemukan indikasi air asin dengan nilai resistivitas yang jauh lebih tinggi berkisar 1,45–140 Ωm. Berdasarkan analisis spasial, intrusi air laut di wilayah ini terjadi melalui dua jalur utama: rembesan langsung dari garis pantai dan masuk melalui muara sungai yang berhubungan langsung dengan laut, di mana jalur muara sungai teridentifikasi sebagai penyebab pencemaran yang paling parah.
3	Kondisi Eksisting Intrusi Air Laut di Pesisir Latuhalat, Pulau Ambon Grimaldy R. Latumeten, Simon Tubalawony, & Yunita A. Noya (2023)	Pendekatan menggunakan metode survei lapangan dengan pengukuran parameter fisika dan kimia air, serta analisis interpolasi spasial untuk memetakan sebaran intrusi Teknik Sampling:	Hasil analisis menunjukkan bahwa fase pasang air laut terbukti meningkatkan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) dan konsentrasi klorida dibandingkan saat fase surut. Berdasarkan perhitungan <i>Indeks Revelle</i> (RI), nilai yang diperoleh berkisar antara 0,017 hingga 2,321,

	<i>TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan</i>	• Pengambilan sampel air tanah dari sumur gali milik warga sebanyak 14 titik sumur gali. • Area penelitian mencakup wilayah pesisir dengan panjang garis pantai ± 5 km. Parameter yang digunakan: • Daya Hantar Listrik (DHL)/ Konduktivitas • Kadar Klorida (Cl^-), Bikarbonat (HCO_3^-), dan Karbonat (CO_3^{2-}). Analisis Data menggunakan Klasifikasi Sifat Air, <i>Indeks Revelle</i> (RI) dan Interpolasi Spasial	yang mengindikasikan bahwa intrusi air laut telah terjadi pada tingkat rendah hingga menengah di beberapa lokasi. Secara spasial, wilayah yang terintrusi mencakup area seluas $1,82 \text{ km}^2$ (36,4%), yang diduga dipicu oleh karakteristik geologi batuan gamping koral serta diperparah oleh pengambilan air tanah yang berlebihan oleh masyarakat setempat.
4	Sebaran Spasial Intrusi Air Laut di Wilayah Pesisir Teluk Banten dan Alternatif Upaya Pengendaliannya R. Rakhmad Bakti Santosa, Gatot Yulianto, & Ario Damar (2021) <i>Jurnal Perikanan dan Kelautan</i>	Pendekatan menggunakan metode deskriptif dengan survei lapangan untuk pengambilan data primer dan studi literatur untuk data sekunder. Teknik Sampling: • Pengambilan sampel air tanah secara langsung (<i>grab sampling</i>) dari sumur gali milik penduduk sebanyak 13 stasiun/titik sumur gali pada kedalaman 1 meter. Parameter yang digunakan: • Fisika (In situ): DHL	Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh stasiun pengamatan telah terindikasi terintrusi air laut dengan nilai DHL berkisar antara 1.567 hingga $9.754 \text{ } \mu\text{mhos/cm}$ dan konsentrasi klorida mencapai 4.838,50 mg/L. Berdasarkan perhitungan <i>Indeks Revelle</i> (RI), tingkat keparahan intrusi berada pada kategori sedang hingga tinggi dengan rentang nilai 1,82 sampai 12,17. Tingginya intrusi ini berkorelasi kuat dengan luasnya penggunaan lahan untuk

		Kimia (Laboratorium): Klorida, Bikarbonat dan karbonat Analisis Data menggunakan standar Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin (PAHIAA), aplikasi ArcGIS 10.3, <i>Indeks Revelle</i> (RI) dan membandingkan nilai DHL dan RI.	tambak yang mempercepat laju pencampuran air laut melalui saluran irigasi atau kebocoran kolam. Selain itu, keberadaan vegetasi mangrove yang ada dinilai belum mampu menahan laju intrusi tersebut secara efektif.
5	Penggunaan Metode <i>Inverse Distance Weighted</i> (IDW) Untuk Pemetaan Zona Nilai Tanah (Studi Kasus: Kelurahan Gedong Meneng, Bandar Lampung). Rizky Ahmad Yudanegara, dkk. (2021) <i>Jurnal ELIPSOIDA (Geodesi dan Geomatika)</i>	Menggunakan pendekatan spasial dengan metode interpolasi. Teknik Sampling: - Jumlah Titik Sampel sebanyak 31 titik sampel. - Jumlah titik input (<i>neighbors</i>) yang digunakan dalam perhitungan interpolasi adalah 12 titik. Analisis Data: - Metode Interpolasi <i>Inverse Distance Weighted</i> (IDW). - Analisis Akurasi perhitungan statistik <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dan standar deviasi - Variabel Uji: Menguji variasi nilai parameter Power (p) yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, dan 10 untuk mencari model terbaik.	Hasil analisis menunjukkan bahwa akurasi pemetaan sangat dipengaruhi oleh nilai Power (pangkat pembobotan jarak), di mana nilai Power 5 menghasilkan tingkat kesalahan prediksi (<i>Root Mean Square Error/RMSE</i>) terkecil dibandingkan variasi nilai lainnya. Semakin besar nilai Power yang digunakan, visualisasi peta yang dihasilkan akan semakin detail namun cenderung terpusat (<i>bullseye effect</i>), sedangkan nilai Power kecil menghasilkan permukaan peta yang lebih halus dengan cakupan pengaruh yang lebih luas. Metode IDW disimpulkan sangat layak digunakan sebagai alternatif pembuatan peta

			zonasi karena mampu mempersingkat waktu pengerjaan dibandingkan metode konvensional.
--	--	--	--



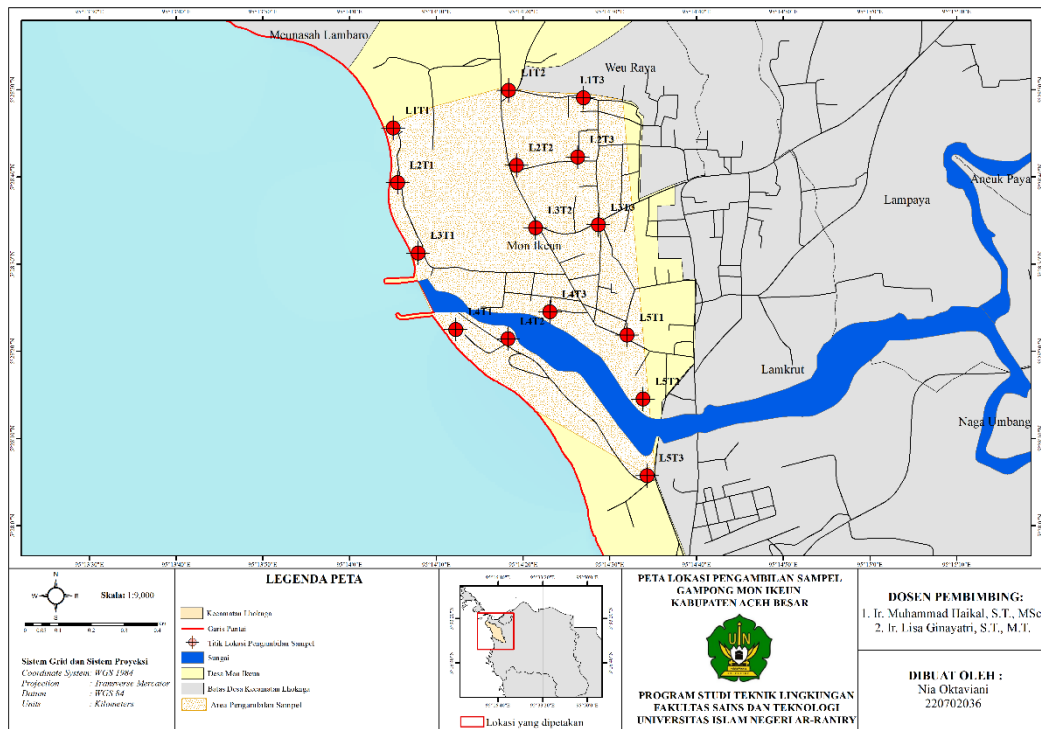
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1 Lokasi Penelitian

Sampel air tanah diambil dari sumur-sumur gali warga yang berlokasi di Gampong Mon Ikeun, Kecamatan Lhoknga, Kabupaten Aceh Besar. Pemilihan lokasi ini juga didasarkan pada hasil uji pendahuluan yang menunjukkan adanya indikasi intrusi air laut pada parameter air ($\text{pH} > 8,5$, $\text{TDS} > 300 \text{ mg/L}$ dan salinitas $> 0,5 \text{ ppt}$) pada sumur gali warga di kawasan Pulo Kapok. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Gampong Mon Ikeun, Kab. Aceh Besar

3.1.2 Jadwal Rencana Penelitian

Penelitian ini direncanakan dalam rentang waktu Desember 2025 sampai Juli 2026. Kegiatan penelitian berpusat di Gampong Mon Ikeun untuk pengambilan sampel, dan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri

Ar-Raniry Banda Aceh untuk analisis fisika dan kimia air tanah. Jadwal rencana penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.1.



3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Daftar Alat yang Digunakan Dalam penelitian.

No	Alat	Jumlah	Kegunaan
a. Alat yang digunakan di lapangan			
1	Timba	1	Mengambil air dari dalam sumur gali warga.
2	Botol Sampel 1,5 liter	15	Wadah penampung sampel.
3	Kamera/HP	1	Dokumentasi kegiatan lapangan.
4	Label & spidol	1	Melabeli kode lokasi, tanggal dan waktu.
b. Alat yang digunakan di laboratorium			
5	Multiparameter	1	Untuk mengukur parameter pH, DHL dan TDS.
6	Refractometer	1	Untuk mengukur salinitas
7	Buret 50 ml	1	Untuk melakukan proses titrasi.
8	Statif	1	Penyangga buret.
9	Erlenmeyer 250 ml	5	Untuk mereaksikan larutan sampel.
10	Pipet Volume 10-100 ml	2	Untuk mengambil larutan sampel.
11	Gelas Ukur 100 ml	2	Untuk mengukur volume cairan & aquades.
12	Pipet Tetes	3	Menambah indikator.

3.2.2 Bahan

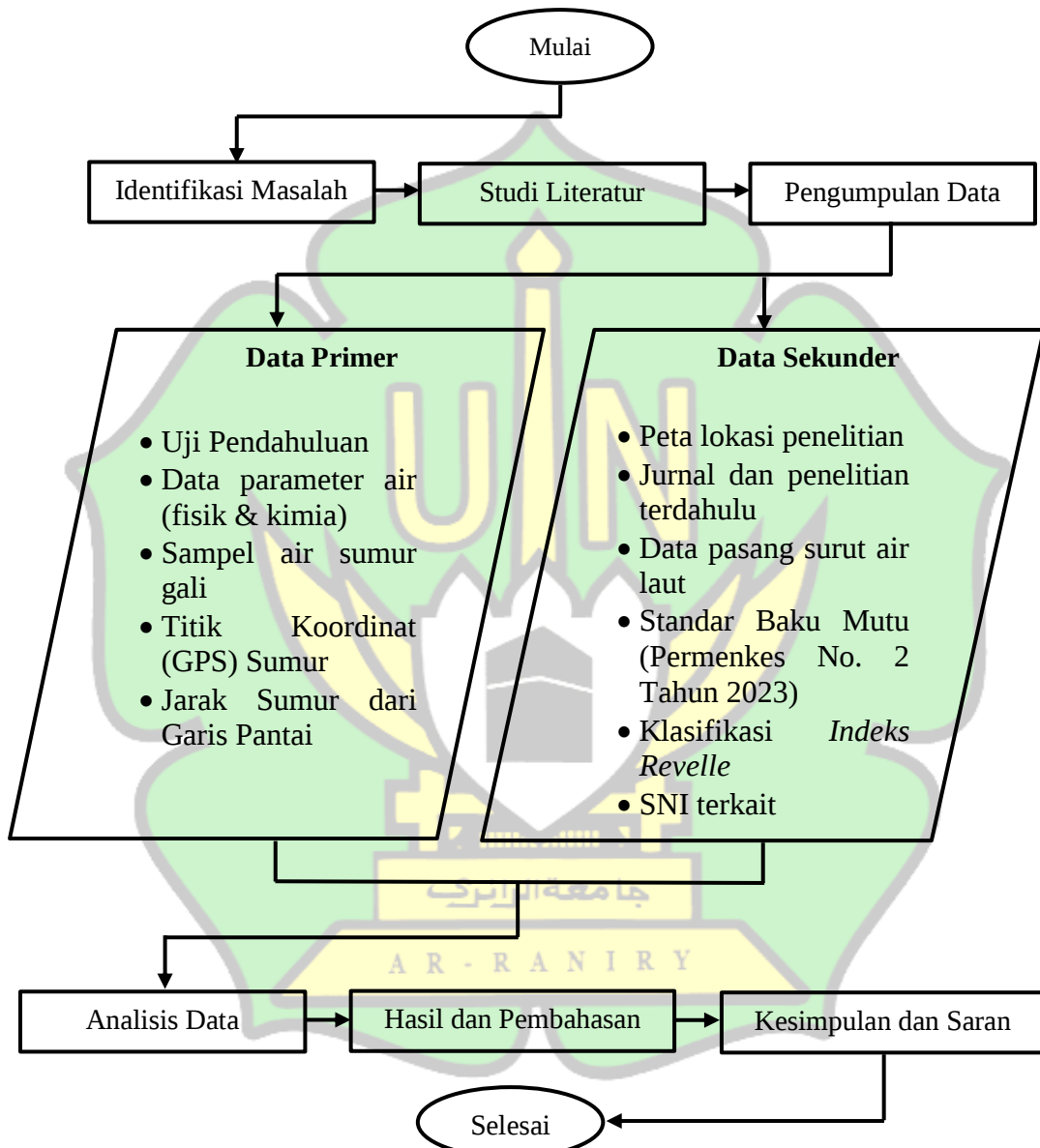
Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Bahan-Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian.

No	Bahan	Satuan
1	Sampel Air Sumur	1,5 Liter
2	Aquades (H ₂ O)	ml
a. Bahan yang digunakan pada analisis klorida (Metode Mohr)		
3	Larutan Natrium Klorida (NaCl) 0,014 N	0,8182 gr
4	Larutan Perak Nitrat (AgNO ₃) 0,014 N	46 ml
5	Indikator Kalium Kromat (K ₂ CrO ₄) 5 %	5 gr
b. Bahan yang digunakan pada analisis karbonat dan bikarbonat		
6	Larutan Asam (HCl 0,1 N /H ₂ SO ₄ 0,02 N)	3,9 ml
7	Indikator Metil Jingga (Methyl Orange) 0,1%	0,025 gr
8	Phenolphthalein (PP) 1%	ml

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan sistematis guna menganalisis tingkat intrusi air laut di Gampong Mon Ikeun. Tahapan serta urutan proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.

Diagram alir penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahapan identifikasi masalah, tahapan ini dimulai dengan observasi lapangan untuk memahami permasalahan kualitas air sumur warga di Gampong Mon Ikeun yang terasa payau.
2. Tahapan studi literatur, tahapan ini dilakukan untuk memperoleh referensi dari jurnal dan buku mengenai teori intrusi air laut, metode *Indeks Revelle*, serta prosedur analisis laboratorium yang relevan.
3. Tahap pengumpulan data melibatkan pencarian data primer dan sekunder untuk seluruh kebutuhan analisis penelitian. Data primer diperoleh secara langsung melalui observasi dan pengukuran di lapangan, yang meliputi pengambilan sampel air sumur gali, pengukuran parameter fisik dan kimia air, penentuan titik koordinat geografis (GPS) tiap sumur, serta pengukuran jarak sumur dari garis pantai yang bertindak sebagai variabel bebas utama. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari dokumen resmi maupun instansi terkait sebagai pendukung data primer, yang mencakup peta Gampong Mon Ikeun, data pasang surut air laut wilayah Kecamatan Lhoknga sebagai acuan penentuan waktu sampling saat pasang tertinggi, Standar Baku Mutu air sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023, acuan klasifikasi *Indeks Revelle*, serta pedoman SNI terkait pengujian air.
4. Tahapan analisis data, meliputi proses pengujian sampel di laboratorium untuk mengetahui nilai parameter fisik (DHL, TDS dan salinitas) serta parameter kimia (pH, ion klorida, bikarbonat, dan karbonat). Data yang diperoleh kemudian dievaluasi berdasarkan klasifikasi baku mutu yang berlaku, dihitung menggunakan rumus *Indeks Revelle* untuk menentukan tingkat keparahan intrusi dan divisualisasikan ke dalam peta sebaran zonasi menggunakan metode interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW).
5. Tahapan hasil dan pembahasan, tahapan ini menyajikan interpretasi data mengenai kondisi kualitas air tanah, penetapan tingkat intrusi berdasarkan perhitungan *Indeks Revelle*, serta analisis spasial sebaran terdampak dan memberikan rekomendasi mengenai pemanfaatan sumber air tanah.
6. Tahapan penarikan kesimpulan, menyimpulkan tingkat keparahan intrusi, persebarannya di lokasi penelitian, serta memberikan rekomendasi terkait pemanfaatan air tanah yang aman.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga jenis untuk memastikan fokus penelitian yang jelas, yaitu:

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas didefinisikan sebagai variabel pemberi pengaruh atau variabel yang memberikan pengaruh terhadap variabel lain dalam suatu penelitian kuantitatif (Mustofani dkk., 2024). Variabel ini adalah faktor yang kondisinya bervariasi untuk melihat pengaruhnya terhadap kualitas air. Variabel tersebut adalah:

- Jarak sumur dari garis pantai.
- Lokasi geografis sumur (koordinat).

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat didefinisikan sebagai variabel yang dipengaruhi atau variabel yang mendapat pengaruh dari variabel lain (variabel bebas) (Mustofani dkk., 2024). Variabel ini adalah parameter yang diukur untuk melihat tingkat intrusi. Variabel tersebut adalah:

- Parameter Fisik (TDS, DHL, salinitas).
- Parameter Kimia (pH, Ion Klorida (Cl^-), Ion Bikarbonat (HCO_3^-) dan Ion Karbonat (CO_3^{2-}).
- Nilai *Indeks Revelle* (RI).

3. Variabel Tetap (*Control Variable*)

Variabel ini adalah faktor-faktor yang dijaga kesamaannya. Variabel tersebut adalah:

- Jenis sumber air yaitu air tanah dangkal (sumur gali warga).
- Waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada fase pasang tertinggi air laut.

3.5 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini mengumpulkan dan menganalisis data berupa angka, yaitu hasil pengujian parameter kualitas air

tanah yang meliputi parameter fisik (DHL, TDS dan salinitas) serta parameter kimia (pH, ion klorida, ion bikarbonat dan ion karbonat) untuk perhitungan *Indeks Revelle*. Sementara itu, metode deskriptif diterapkan untuk memberikan gambaran mengenai tingkat keparahan dan sebaran intrusi air laut di kawasan pesisir tersebut.

Dalam tahap pelaksanaannya, penentuan lokasi titik pengambilan sampel di lapangan dilakukan menggunakan metode *Purposive Sampling*. Menurut Kiareni & Sorisa (2024), *Purposive Sampling* adalah metode penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu agar data yang diperoleh lebih representatif dan sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam konteks penelitian intrusi air laut ini, sampel tidak diambil secara acak, melainkan dipilih secara sengaja berdasarkan pertimbangan karakteristik wilayah pesisir.

Adapun kriteria penetapan titik sampel sumur gali adalah sebagai berikut:

- Sumur-sumur dipilih pada variasi jarak yang berbeda dari garis pantai untuk melihat seberapa jauh jangkauan intrusi air laut ke daratan.
- Sumur yang dipilih adalah sumur gali yang aktif digunakan oleh masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari, sehingga merepresentasikan kondisi nyata air yang dikonsumsi.

Dengan metode pendekatan dan penentuan sampel ini, data yang diperoleh dapat menggambarkan pola penyebaran intrusi air laut dari bibir pantai ke arah daratan secara akurat.

3.5.1 Penentuan Titik Sampling Pengamatan

Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *Purposive Sampling* terhadap 15 sumur gali warga yang tersedia di lokasi penelitian. Sumur-sumur ini dipilih secara sengaja untuk membentuk pola garis lurus (*transek*) yang memotong wilayah Gampong Mon Ikeun dari bibir pantai hingga ke arah daratan, guna mendapatkan gambaran yang representatif mengenai sebaran intrusi air laut berdasarkan pengaruh variasi jarak.

Pemilihan banyak titik yang tersebar secara spasial ini lebih diutamakan dibandingkan pengulangan pengambilan sampel pada titik yang sama, karena tujuan penelitian ini adalah memetakan pola dan sebaran spasial intrusi air laut menggunakan interpolasi IDW, bukan mengamati perubahan nilai RI dari waktu ke waktu pada satu titik. Interpolasi spasial membutuhkan sebaran titik yang

representatif secara keruangan (mencakup variasi jarak dari garis pantai) agar pola gradasi intrusi dapat digambarkan secara akurat, sehingga jumlah dan sebaran 15 titik pada lokasi dinilai lebih sesuai dengan tujuan pemetaan tersebut. Rincian koordinat untuk ke 15 titik sampling yang telah ditetapkan tersebut disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Lokasi dan Titik Koordinat Sampling

Kode Sampel	Longitude	Latitude
L1T1	95.234729	5.479336
L1T2	95.238428	5.480535
L1T3	95.240819	5.480299
L2T1	95.234871	5.477592
L2T2	95.238681	5.478146
L2T3	95.240635	5.478408
L3T1	95.235527	5.475354
L3T2	95.239290	5.476154
L3T3	95.241298	5.476248
L4T1	95.236735	5.472912
L4T2	95.238403	5.472616
L4T3	95.239747	5.473475
L5T1	95.242221	5.472737
L5T2	95.242730	5.470693
L5T3	95.242863	5.468251

3.5.2 Pemilihan Jarak Titik Sampel

Berdasarkan penetapan lokasi sampling menggunakan metode *purposive sampling*, pengukuran jarak dari garis pantai terhadap masing-masing sumur gali dilakukan untuk mengidentifikasi pola gradasi intrusi air laut. Jarak merupakan variabel bebas utama dalam penelitian ini, dimana variasi jarak akan digunakan untuk melihat seberapa jauh jangkauan intrusi air laut masuk ke arah daratan Gampong Mon Ikeun. Pengukuran dilakukan pada 15 titik sampel yang tersebar, dimulai dari titik terdekat dengan bibir pantai hingga titik terjauh ke arah pemukiman warga. Rincian jarak masing-masing titik sampel dari garis pantai disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Pemilihan Jarak Titik Sampel

Kode Sampel	Jarak dari Garis Pantai
L1T1	50 m
L1T2	450 m
L1T3	716 m

L2T1	45 m
L2T2	455 m
L2T3	670 m
L3T1	90 m
L3T2	450 m
L3T3	671 m
L4T1	66 m
L4T2	146 m
L4T3	302 m
L5T1	412 m
L5T2	337 m
L5T3	241 m

3.5.3 Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan menggunakan metode *Grab Sampling* (pengambilan sesaat) yang mengacu pada SNI 6989.58:2008. Pengambilan sampel dilakukan dengan frekuensi satu kali pengambilan (*single sampling*). Waktu pengambilan sampel ditentukan pada saat fase pasang air laut menuju pasang tertinggi untuk mendapatkan gambaran kondisi intrusi maksimum pada akuifer bebas (Latumeten dkk., 2023).

Prosedur pengambilan sampel dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menggunakan botol sampel berbahan *Polietilen* (PE) atau polipropilen yang bersih dan tidak mempengaruhi sifat kimia sampel.
2. Sebelum sampel dimasukkan, botol dibilas terlebih dahulu menggunakan air dari sumur yang sama yang akan dijadikan sampel. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kontaminan debu atau sisa air lain dalam botol, serta mengondisikan botol agar sesuai dengan karakteristik air sampel.
3. Air diambil menggunakan timba yang tersedia di sumur warga.
4. Botol sampel diberi label yang memuat informasi kode lokasi, tanggal, waktu pengambilan dan lokasi sumur (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

3.6 Metode Analisis Laboratorium

3.6.1 Analisis Klorida (Cl⁻)

Pengukuran kadar klorida dilakukan menggunakan metode Titrasi Argentometri (Metode Mohr). Prinsip kerjanya mengukur jumlah klorida dengan cara mereaksikannya dengan perak nitrat (AgNO_3).

Langkah kerja:

1. Persiapan Sampel
 - a) Diukur pH sampel air sumur.
 - b) Jika pH tidak pada kisaran 6,5-8 diatur dengan menambahkan larutan NaOH 1 N atau H₂SO₄ 1 N.
2. Standardisasi Larutan Perak Nitrat (AgNO₃)
 - a) Dimasukkan larutan NaCl 0,014 N sebanyak 25 ml ke dalam gelas Erlenmeyer 100 ml. Kemudian ditambahkan 5 tetes larutan indikator K₂CrO₄ 5% dan diaduk.
 - b) Dititrasi larutan NaCl 0,014 N yang telah diberi indikator dengan larutan AgNO₃ sampai terjadi endapan warna putih.
 - c) Dicatat volume larutan AgNO₃ lalu dihitung normalitas larutan baku AgNO₃ dengan rumus: (Agung (2009) dalam Huljani & Rahma, (2018)).

$$N_{AgNO_3} = \frac{V_{NaCl} \times N_{NaCl}}{V_{AgNO_3}}$$

Dimana:

V AgNO₃ = ml larutan AgNO₃ yang digunakan

N AgNO₃ = normalitas larutan AgNO₃

V NaCl = mL larutan NaCl

N NaCl = normalitas larutan NaCl

3. Titrasi Blanko
 - a) Dimasukkan aquades sebanyak 25 ml ke dalam gelas erlenmeyer 100 ml kemudian ditambahkan 5 tetes larutan indikator K₂CrO₄ 5%.
 - b) Aquades yang telah diberi indikator dititrasi dengan larutan baku AgNO₃ sampai titik akhir titrasi yang ditandai dengan warna merah bata.
 - c) Dicatat volume AgNO₃.
4. Analisis Kadar Klorida
 - a) Dimasukkan sampel sebanyak 25 ml ke dalam gelas erlenmeyer 100 ml.
 - b) Sampel ditambahkan 5 tetes larutan indikator K₂CrO₄ 5%.
 - c) Sampel yang telah diberi indikator dititrasi dengan larutan baku AgNO₃ sampai titik akhir titrasi yang ditandai dengan terbentuknya warna endapan merah bata.

- d) Dicatat volume AgNO_3 yang digunakan, lalu dihitung kadar klorida menggunakan rumus sebagai berikut: (Agung (2009) dalam Huljani & Rahma, (2018)).

$$\frac{(A-B) \times N \times 35,45}{V} \times 1000$$

Dimana:

A = volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi sampel (ml)

B = volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi blanko (ml)

N = normalitas larutan baku AgNO_3

V = volume sampel (ml)

3.6.2 Analisis Karbonat CO_3^{2-} dan Bikarbonat HCO_3^-

Pengukuran kadar Bikarbonat dan Karbonat dilakukan menggunakan metode Titrasi Asidimetri (penetralkan dengan asam). Prinsipnya adalah menetralkan sifat basa dari karbonat/bikarbonat menggunakan larutan asam standar.

Langkah kerja:

1. Analisis Karbonat CO_3^{2-} :

Titration *Fenolftalein* (Menentukan Alkalinitas Karbonat)

- Dimasukkan sampel air sumur sebanyak 100 ml ke dalam erlenmeyer.
- Ditambahkan 2–3 tetes indikator *Fenolftalein* (PP).
- Diamati perubahan warna:
 - Jika air tetap bening, artinya tidak terdapat Karbonat ($\text{CO}_3^{2-} = 0$).
 - Jika air berubah menjadi Merah Muda (*Pink*), dilakukan titrasi dengan larutan standar HCl perlahan-lahan sampai warna merah muda tepat hilang (menjadi bening).
- Dicatat volume titran yang digunakan sebagai Volume A (Alkalinitas *Fenolftalein*).

2. Analisis Bikarbonat HCO_3^- :

Titration Metil Jingga (Menentukan Alkalinitas Total/Bikarbonat)

- Pada sampel yang sama (yang sudah bening tadi), Ditambahkan indikator *Methyl Orange* (MO) 2-3 tetes hingga air berwarna kuning.
- Dilanjutkan titrasi kembali dengan larutan standar HCL hingga warna berubah dari kuning menjadi oranye kemerahan.

- c. Dicatat volume titran tambahan yang digunakan (dari nol atau lanjutan buret) sebagai Volume B (Alkalinitas Total).

3. Perhitungan Konsentrasi

Untuk memisahkan kadar karbonat dan bikarbonat, digunakan hubungan stoikiometri antara Volume A (Titrasi PP) dan Volume B (Total Titrasi).

Dalam air tanah alami ($\text{pH} < 8,3$), biasanya Volume A = 0, sehingga seluruh alkalinitas dianggap sebagai Bikarbonat. Namun, jika terjadi intrusi atau pH basa, perhitungan mengikuti aturan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hubungan Alkalinitas (SNI 06-2420-1991)

Hasil Titrasi	Hidroksida (OH^-)	Karbonat (CO_3^{2-})	Bikarbonat (HCO_3^-)
A = 0	0	0	B
$A < \frac{1}{2} B$	0	2A	B - 2A
$A = \frac{1}{2} B$	0	2A	0
$A > \frac{1}{2} B$	2A - B	2(B - A)	0
A = B	B	0	0

Keterangan:

A = Volume penitar pada titrasi PP (ml).

B = Volume total penitas (ml) sampai titik akhir metil jingga.

Berikut ini adalah rumus konversi ke satuan mg/l:

Setelah mendapatkan nilai volume setara (misal "B - 2A" untuk bikarbonat) dari tabel di atas, masukkan ke rumus:

$$\text{Kadar (mg/l)} = \frac{V \text{ hasil tabel} \times N \text{ asam} \times BE \times 1000}{\text{Volume sampel (ml)}}$$

Dimana:

N_{asam} = Normalitas HCl.

BE = Berat Ekuivalen ($\text{CO}_3^{2-} = 30$, $\text{HCO}_3^- = 61$).

3.7 Analisis Data

3.7.1 Klasifikasi Mutu Air Tanah

Kualitas air tanah juga dievaluasi kelayakannya untuk keperluan higiene sanitasi dan air minum. Evaluasi ini mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Parameter yang dievaluasi kesesuaiannya meliputi Derajat Keasaman (pH) dan *Total Dissolved Solids* (TDS). Standar baku mutu tersebut disajikan pada Tabel 2.1 dan 2.2.

Kemudian parameter salinitas di klasifikasi terlebih dahulu untuk menentukan sifat salinitas air menggunakan klasifikasi air tanah berdasarkan tingkat salinitas yang telah disajikan pada Tabel 2.3.

Pada parameter DHL dan klorida diklasifikasikan untuk menentukan sifat air tanah (tawar, payau, atau asin). Penelitian ini mengacu pada standar klasifikasi Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin (PAHIIA) yang digunakan dalam studi (Latumeten dkk., 2023) yang disajikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Klasifikasi Parameter DHL dan Klorida

Sifat Air Tanah	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Klorida (mg/L)
Air Tawar	< 1.500	<500
Air Agak Payau	1.500 – 5.000	500-2.000
Air Payau	5.000 – 15.000	2.000-5.000
Air Asin	15.000 – 50.000	5.000-19.000
Rine (connate)	> 50.000	>19.000

Sumber : Latumeten dkk., (2023).

3.7.2 Analisis Tingkat Intrusi (*Indeks Revelle*)

Analisis tingkat keparahan intrusi air laut dilakukan menggunakan metode *Indeks Revelle* (RI). Metode ini menghitung rasio antara ion klorida dengan jumlah ion bikarbonat dan karbonat yang merupakan indikator utama perubahan kimia air tanah akibat pencampuran air laut.

Nilai RI dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$RI = \frac{Cl^-}{HCO_3^- + CO_3^{2-}}$$

Dimana:

RI = Nilai *Indeks Revelle*

Cl^- = Konsentrasi ion Klorida (meq/L)

HCO_3^- = Konsentrasi ion Bikarbonat (meq/L)

CO_3^{2-} = Konsentrasi ion Karbonat (meq/L)

Karena Cl^- , HCO_3^- , dan CO_3^{2-} memiliki berat ekuivalen (BE) yang berbeda, konsentrasi hasil pengukuran laboratorium yang masih dalam satuan mg/L wajib dikonversi terlebih dahulu ke satuan meq/L sebelum dimasukkan ke dalam persamaan *Indeks Revelle*, dengan rumus konsentrasi (meq/L) = konsentrasi (mg/L) $\div$ BE, dengan BE Cl^- = 35,45; BE HCO_3^- = 61; dan BE CO_3^{2-} = 30.

Sebagian besar air sumur (air tanah bebas) memiliki $\text{pH} < 8,3$. Jadi, kemungkinan besar saat ditetaskan indikator PP, warnanya tetap bening. Jika bening artinya nilai Alkalinitas *Fenolftalein* (A) = 0. Dengan demikian, seluruh alkalinitas diasumsikan sebagai bikarbonat (HCO_3^-). Karena Karbonat (CO_3^{2-}) seringkali 0, rumus *indeks revelle* akan tersederhanakan menjadi:

$$RI = \frac{\text{Cl}^-}{\text{HCO}_3^-}$$

Nilai RI yang diperoleh kemudian diklasifikasikan untuk menentukan tingkat intrusi pada setiap sumur pengamatan berdasarkan klasifikasi pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Klasifikasi *Indeks Revelle*

No.	<i>Revelle Index</i>	Klasifikasi
1	< 0,5	Air tawar
2	0,5 – 1,3	Terintrusi sedikit
3	1,3 – 2,8	Terintrusi sedang
4	2,8 – 6,6	Terintrusi agak tinggi
5	6,6 – 15,5	Terintrusi tinggi
6	> 15,5	Air laut

Sumber : Revelle (1941) dalam Santosa dkk., 2021.

3.7.3 Analisis Spasial Pemetaan Sebaran Intrusi

Menurut Bahtiar dkk., (2016) Prinsip kerja metode IDW didasarkan pada asumsi bahwa nilai pada suatu titik yang tidak terukur akan memiliki kemiripan sifat dengan titik sampel terdekatnya. Semakin dekat jarak suatu titik dengan titik sampel, maka pengaruh (bobot) titik sampel tersebut terhadap nilai prediksi akan semakin besar. Sebaliknya, pengaruh tersebut akan berkurang seiring dengan bertambahnya jarak dari titik sampel.

Analisis spasial untuk memetakan sebaran intrusi air laut dilakukan menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Proses ini dilaksanakan melalui tiga tahapan sistematis. Tahap pertama adalah *plotting* atau pemetaan titik koordinat lokasi sumur pengambilan sampel yang telah ditentukan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) ke dalam sistem basis data spasial. Tahap kedua meliputi *input* data atribut, di mana nilai *Indeks Revelle* (RI) yang telah dihitung dari hasil uji laboratorium dimasukkan ke dalam atribut data spasial sesuai dengan titik koordinat masing-masing sumur. Tahap ketiga adalah proses interpolasi spasial menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW).

Metode ini diterapkan untuk mengestimasi atau memprediksi sebaran nilai kualitas air pada area yang tidak memiliki titik sampel (area kosong) berdasarkan data dari sumur-sumur terdekat yang telah diukur. Prinsip kerja metode ini memberikan bobot lebih besar pada titik sampel yang jaraknya lebih dekat dibandingkan titik yang jauh, sehingga terbentuk pola sebaran yang kontinu. Output akhir dari analisis ini berupa peta zonasi yang memvisualisasikan gradasi tingkat intrusi, di mana area dengan nilai *Indeks Revelle* $< 0,5$ akan divisualisasikan sebagai zona hijau (air tawar), sedangkan area dengan nilai $> 0,5$ akan ditandai dengan gradasi warna kuning hingga merah yang mengindikasikan zona terintrusi air laut (Sidiq, 2023).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tingkat Intrusi Air Laut Berdasarkan Klasifikasi *Indeks Revelle*

4.1.1 Gambaran Umum Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis tingkat intrusi air laut pada akuifer bebas di Gampong Mon Ikeun, Kecamatan Lhoknga, Kabupaten Aceh Besar. Fokus penelitian diarahkan pada air tanah dangkal yang dimanfaatkan masyarakat melalui sumur gali. Penelitian ini menggunakan pendekatan pengukuran kualitas air tanah, perhitungan *Indeks Revelle*, dan analisis spasial untuk menggambarkan sebaran zona intrusi air laut.

Pengambilan sampel dilakukan pada 15 sumur gali warga yang dipilih dengan metode *purposive sampling*. Pemilihan titik mempertimbangkan variasi jarak dari garis pantai, keberadaan sumur gali aktif yang digunakan masyarakat, dan kebutuhan untuk menggambarkan perubahan kualitas air dari area dekat pantai menuju area daratan.

Pengambilan sampel air tanah telah dilaksanakan pada tanggal 20 April 2026. Sesuai dengan rancangan penetapan titik, sampel berhasil diambil dari 15 sumur gali warga yang membentuk pola tegak lurus (transek) dari bibir pantai menuju area daratan. Pelaksanaan pengambilan sampel dilakukan secara serentak pada saat fase pasang air laut, yaitu pada pukul 10.00 - 12.30 WIB dengan kondisi ketinggian muka air laut mencapai 0,37 meter. Informasi mengenai waktu, fase, dan ketinggian pasang air laut tersebut diperoleh melalui pantauan dari aplikasi *Fishing Point*. Pengambilan data pada fase ini memastikan bahwa sampel air tanah yang diuji merepresentasikan kondisi desakan intrusi air laut yang paling maksimal terhadap sistem akuifer pesisir di lokasi penelitian. Sampel air sumur diambil menggunakan timba yang tersedia di lokasi, kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel bersih yang telah dibilas dengan air dari sumur yang sama, botol diberi label berisi kode lokasi, lalu dibawa menuju laboratorium. Kondisi aktual pelaksanaan pengambilan sampel disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kondisi Aktual Pelaksanaan Pengambilan Sampel

Aspek	Keterangan Aktual di Lapangan
Waktu Pelaksanaan	20 April 2026 (10:00 – 12:30) WIB
Kondisi Cuaca	Cerah
Kondisi Pasang Surut	Fase pasang 0,37 meter
Volume Sampel per Titik	1,5 Liter

Selama proses observasi di lapangan, kelima belas sumur yang menjadi titik pengamatan berada dalam kondisi aktif dan rutin digunakan oleh masyarakat setempat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Hasil pengamatan awal menunjukkan bahwa secara umum air sumur tampak jernih dan tidak berbau, namun air pada beberapa sumur warga, khususnya pada lokasi L4 yang berdekatan dengan kawasan pantai, mulai terasa payau saat digunakan. Karakteristik jarak sumur sangat bervariasi, dimulai dari titik terdekat sejauh 45 m dari garis pantai hingga titik terjauh pada jarak 716 m. Rincian kode, koordinat dan jarak pada saat pelaksanaan disajikan pada Tabel 3.4 dan 3.5.

4.1.2 Kondisi Parameter Air Tanah

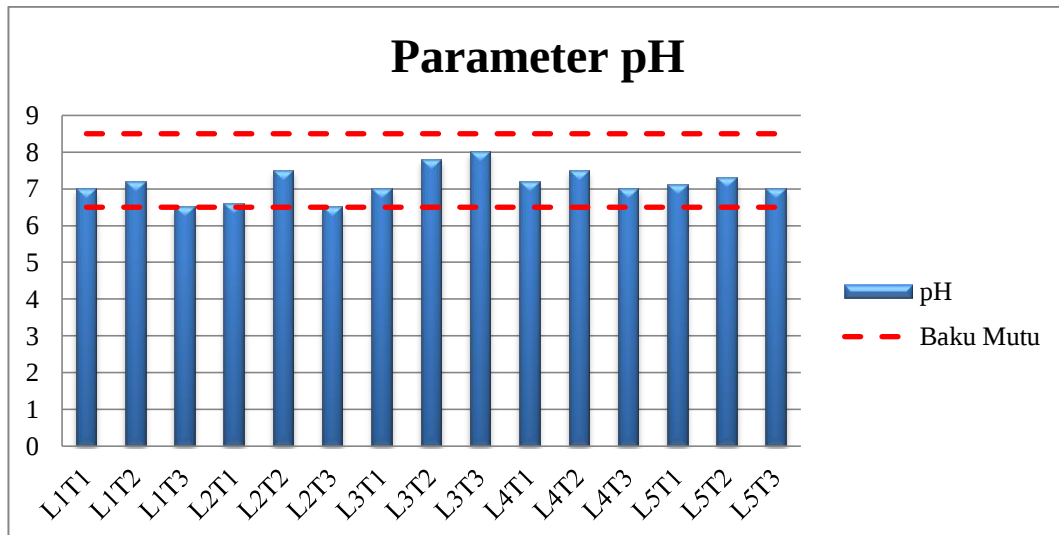
4.1.2.1 Hasil Analisis Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH pada seluruh titik pengamatan masih berada dalam batas normal, yakni berkisar antara 6,5 hingga 8. Hal ini mengindikasikan bahwa secara umum, air sumur di lokasi penelitian tidak bersifat asam maupun terlalu basa, dan sepenuhnya memenuhi baku mutu kesehatan. Hasil pengukuran selengkapnya disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter pH Air Tanah

Kode Sumur	Hasil Pengukuran pH	Baku Mutu (Permenkes No. 2 Tahun 2023)	Interpretasi
L1T1	7	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L1T2	7,2	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L1T3	6,5	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L2T1	6,6	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L2T2	7,5	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L2T3	6,5	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L3T1	7	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L3T2	7,8	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L3T3	8	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L4T1	7,2	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L4T2	7,5	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L4T3	7	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat

L5T1	7,1	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L5T2	7,3	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat
L5T3	7	6,5 – 8,5	Memenuhi Syarat



Gambar 4.1 Grafik Parameter pH Air Tanah pada Setiap Titik Sampling

Merujuk pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI) Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, standar baku mutu untuk keperluan higiene sanitasi, kualitas air bersih, dan air minum menetapkan batas aman pH berada pada rentang 6,5 – 8,5. Berdasarkan grafik data pada Gambar 4.1, terlihat jelas bahwa nilai pH dari 15 sampel air sumur gali di Gampong Mon Ikeun menunjukkan kondisi yang stabil. Seluruh titik sampling memiliki nilai pH berkisar antara 6,5 hingga 8, yang berarti berada dalam status netral.

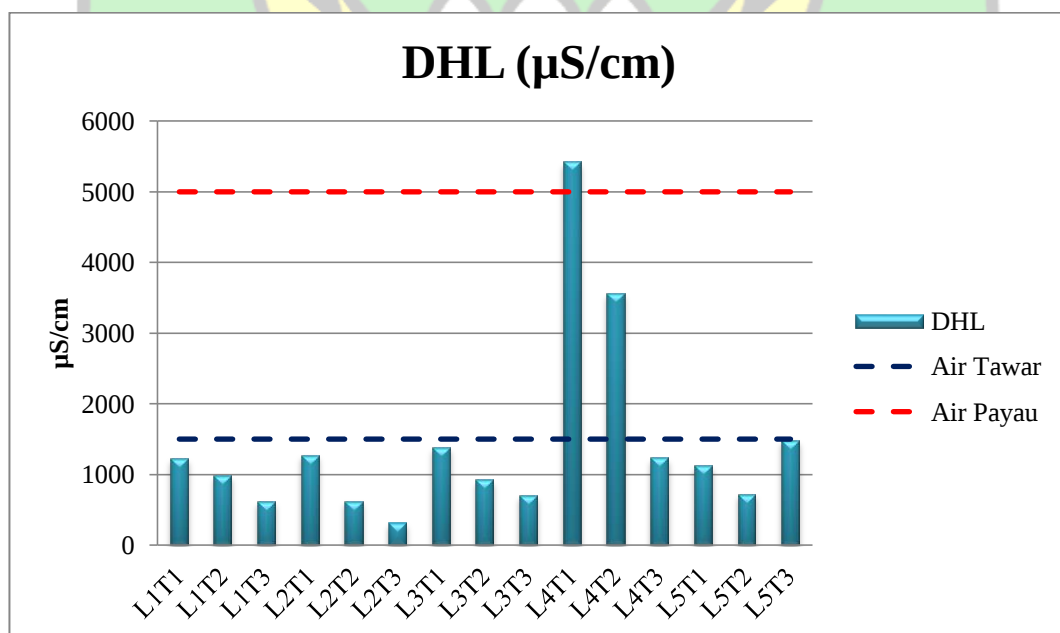
4.1.2.2 Hasil Analisis Daya Hantar Listrik (DHL)

Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium, nilai Daya Hantar Listrik (DHL) pada air sumur warga berkisar antara 310 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hingga 5.420 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mengacu pada standar klasifikasi Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin (PAHIAA), mayoritas sampel air tanah di lokasi penelitian sebenarnya masih berstatus tawar dengan nilai di bawah 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Namun, peningkatan drastis terjadi pada lokasi L4, di mana sumur L4T2 masuk dalam klasifikasi tawar-payau (3.560 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dan sumur L4T1 meningkat drastis hingga masuk dalam kategori air payau (5.420 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Tingginya nilai DHL pada area ini mengindikasikan adanya akumulasi ion-

ion terlarut dalam jumlah besar yang menurunkan kelayakan fisik air tanah untuk konsumsi sehari-hari. Hasil pengukuran selengkapnya disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)

Kode Sumur	Hasil Pengukuran DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Klasifikasi Mutu (PAHIAA)	Interpretasi Sifat Air
L1T1	1.220	< 1.500	Air Tawar
L1T2	980	< 1.500	Air Tawar
L1T3	610	< 1.500	Air Tawar
L2T1	1.270	< 1.500	Air Tawar
L2T2	620	< 1.500	Air Tawar
L2T3	310	< 1.500	Air Tawar
L3T1	1.380	< 1.500	Air Tawar
L3T2	920	< 1.500	Air Tawar
L3T3	700	< 1.500	Air Tawar
L4T1	5.420	5.000 – 15.000	Air Payau
L4T2	3.560	1.500 – 5.000	Tawar – Payau
L4T3	1.230	< 1.500	Air Tawar
L5T1	1.120	< 1.500	Air Tawar
L5T2	720	< 1.500	Air Tawar
L5T3	1.480	< 1.500	Air Tawar



Gambar 4.2 Grafik Parameter DHL Air Tanah pada Setiap Titik Sampling

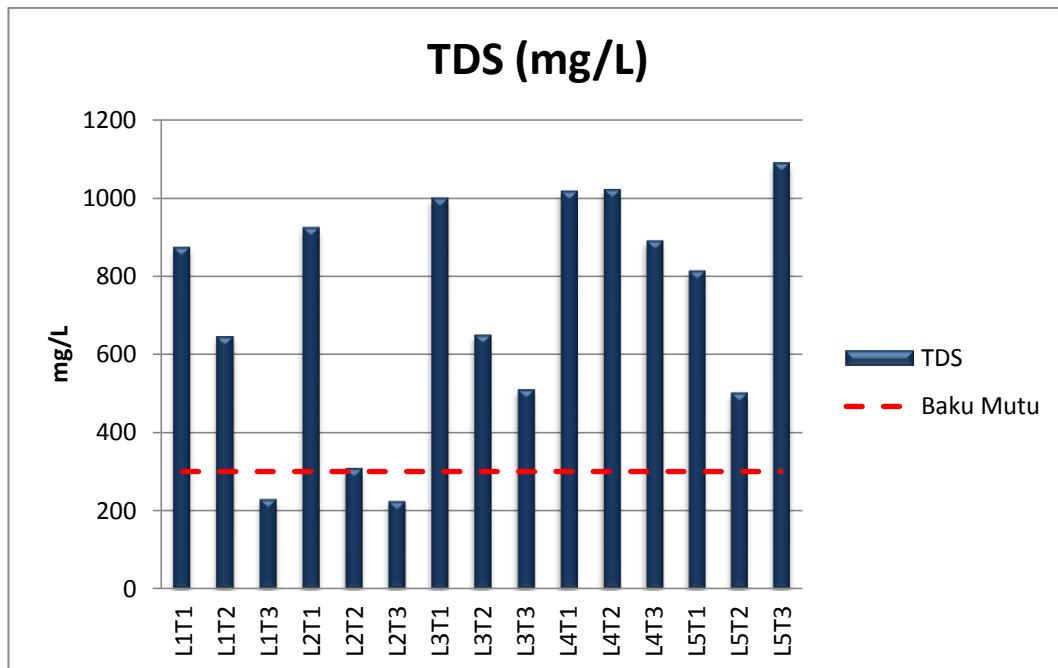
4.1.2.3 Hasil Analisis *Total Dissolved Solids* (TDS)

Kondisi kelayakan air sumur warga terbukti mengalami degradasi yang signifikan jika ditinjau dari parameter *Total Dissolved Solids* (TDS). Merujuk pada

hasil pengukuran yang disajikan pada Tabel 4.4, nilai TDS terendah ditemukan pada titik L2T3 sebesar 224 mg/L, sementara nilai tertinggi meningkat drastis mencapai 1.089 mg/L pada titik L5T3. Mengacu pada regulasi Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, batas maksimum TDS untuk kualitas air minum dan air bersih adalah kurang dari 300 mg/L. Tingginya sebaran angka tersebut mengakibatkan hampir seluruh sumur pengamatan tepatnya 13 dari 15 titik tidak lagi memenuhi syarat baku mutu air bersih yang ditetapkan oleh pemerintah. Hanya sumur L1T3 dan L2T3 yang saat ini masih memenuhi standar keamanan fisik untuk digunakan oleh masyarakat. Hasil pengukuran selengkapnya disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Parameter TDS Air Tanah

Kode Sumur	Hasil Pengukuran TDS (mg/L)	Baku Mutu (Permenkes No. 2 Tahun 2023)	Interpretasi
L1T1	873	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L1T2	645	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L1T3	230	< 300 mg/L	Memenuhi Syarat
L2T1	923	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L2T2	308	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L2T3	224	< 300 mg/L	Memenuhi Syarat
L3T1	998	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L3T2	649	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L3T3	509	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L4T1	1.017	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L4T2	1.020	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L4T3	889	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L5T1	813	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L5T2	510	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat
L5T3	1.089	< 300 mg/L	Tidak Memenuhi Syarat



Gambar 4.3 Grafik Parameter TDS Air Tanah pada Setiap Titik Sampling

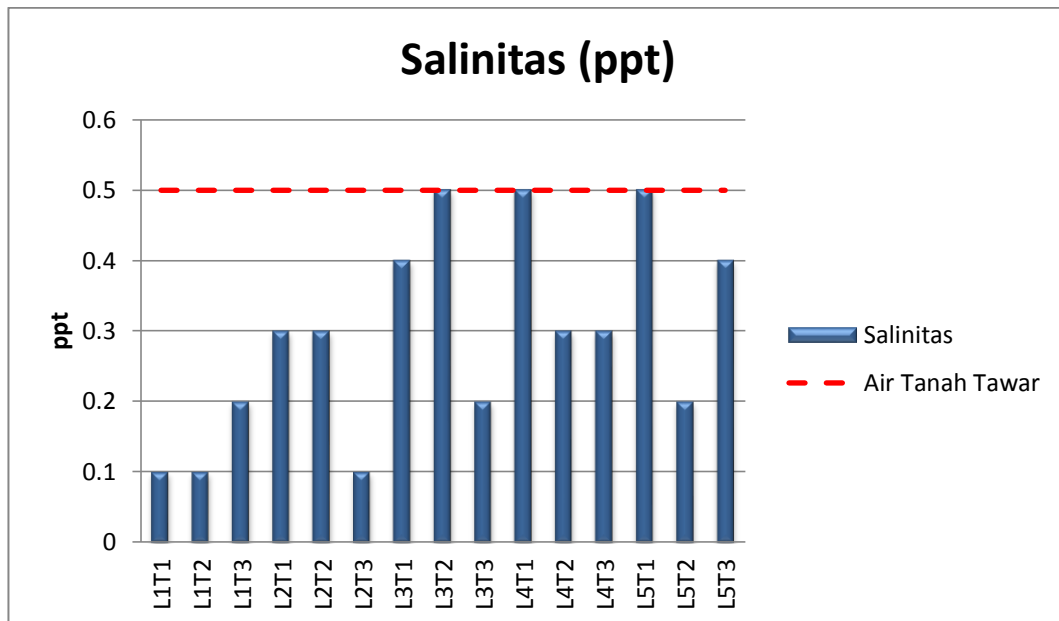
4.1.2.4 Hasil Analisis Salinitas

Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium, tingkat keasinan atau salinitas air sumur warga bervariasi pada rentang 0,1 ppt hingga 0,5 ppt. Mengacu pada standar klasifikasi kualitas air tanah menurut Todd (1980), air dengan salinitas < 0,5 ppt dikategorikan sebagai air tawar, sedangkan rentang 0,5 - 30 ppt masuk dalam kategori air payau. Evaluasi data menunjukkan bahwa meskipun mayoritas sumur masih berstatus tawar, terdapat tiga titik (L3T2, L4T1, dan L5T1) yang tingkat salinitasnya telah tepat menyentuh batas kritis 0,5 ppt. Hal ini menjadi bukti nyata bahwa ketiga sumur tersebut telah mulai mengalami degradasi mutu dan secara fisik berubah sifat dari air tawar murni menjadi air payau. Hasil pengukuran selengkapnya disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Parameter Salinitas Air Tanah

Kode Sumur	Hasil Pengukuran Salinitas (ppt)	Klasifikasi Mutu (Todd, 1980)	Interpretasi Sifat Air
L1T1	0,1	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L1T2	0,1	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L1T3	0,2	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L2T1	0,3	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L2T2	0,3	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L2T3	0,1	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L3T1	0,4	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L3T2	0,5	0,5 – 30 ppt	Air Tanah Payau

L3T3	0,2	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L4T1	0,5	0,5 – 30 ppt	Air Tanah Payau
L4T2	0,3	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L4T3	0,3	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L5T1	0,5	0,5 – 30 ppt	Air Tanah Payau
L5T2	0,2	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar
L5T3	0,4	< 0,5 ppt	Air Tanah Tawar



Gambar 4.4 Grafik Parameter Salinitas Air Tanah pada Setiap Titik Sampling

Dari segi kelayakan air bersih, tercatat sebanyak 13 dari total 15 sumur warga memiliki nilai TDS yang melampaui ambang batas maksimum 300 mg/L. Hanya titik sumur yang jaraknya cukup jauh di daratan, yakni L1T3 (716 meter) dan L2T3 (670 meter) yang masih memiliki air tawar dengan kadar TDS aman. Indikasi adanya pengaruh intrusi air laut paling terlihat jelas pada Lokasi L4 yang jaraknya sangat dekat dengan kawasan pantai dan muara. Sumur L4T1 tercatat memiliki nilai Daya Hantar Listrik tertinggi mencapai 5.420 $\mu\text{S}/\text{cm}$, yang menempatkannya ke dalam klasifikasi air payau menurut standar PAHIAA. Lebih lanjut, terdapat tiga titik sumur (L3T2, L4T1, dan L5T1) yang tingkat salinitasnya telah menyentuh angka 0,5 ppt, yang merupakan batas perubahan sifat air dari tawar menjadi payau berdasarkan klasifikasi Todd (1980).

Meskipun tingginya nilai padatan terlarut, peningkatan daya hantar listrik, serta peningkatan salinitas pada sumur-sumur ini memberikan indikasi fisik yang kuat akan adanya intrusi air laut, data ini tidak bisa berdiri sendiri sebagai sebuah

kesimpulan mutlak. Peningkatan mineral dan garam terlarut tersebut juga berpotensi dipicu oleh proses pelarutan batuan sedimen lokal secara alami maupun akibat rembesan polutan antropogenik dari aktivitas masyarakat sekitar (Sudiartono, 2025). Oleh karena itu, untuk memverifikasi apakah degradasi ketiga parameter fisik ini murni disebabkan oleh penyusupan air laut, diperlukan pembuktian geokimia yang lebih akurat melalui analisis konsentrasi pH, ion klorida, ion bikarbonat, dan ion karbonat.

4.1.3 Konsentrasi Klorida, Bikarbonat, dan Karbonat pada Air Tanah

Kadar klorida dianalisis menggunakan metode titrasi argentometri (Metode Mohr) dengan normalitas larutan AgNO_3 0,078 N. Hasil pengujian laboratorium memperlihatkan bahwa kadar klorida di Gampong Mon Ikeun memiliki rentang yang bervariasi. Beberapa titik sumur menunjukkan kadar klorida tidak terdeteksi (0 mg/L), yakni pada sumur L1T2, L1T3, dan L2T3. Sebaliknya, peningkatan klorida yang sangat drastis ditemukan pada sumur L4T1 yang mencapai 1.106,04 mg/L.

Mengacu pada Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, kadar maksimum klorida untuk air minum adalah 250 mg/L. Dua sumur, yaitu L4T1 (1.106,04 mg/L) dan L4T2 (774,228 mg/L), telah jauh melampaui standar baku mutu tersebut, mengonfirmasi kuatnya pengaruh keasinan akibat desakan air laut. Hasil analisis klorida selengkapnya disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Analisis Klorida dengan Metode Mohr

Kode Sumur	Volume Titrasi (mL)	Klorida (mg/L)	Klasifikasi Mutu (< 250 mg/L)
L1T1	1,5	55,302	Memenuhi
L1T2	0,4	0	Memenuhi
L1T3	0,8	0	Memenuhi
L2T1	2,1	121,664	Memenuhi
L2T2	1,8	88,483	Memenuhi
L2T3	1,0	0	Memenuhi
L3T1	3,0	221,208	Memenuhi
L3T2	1,6	66,362	Memenuhi
L3T3	1,8	88,483	Memenuhi
L4T1	11,0	1.106,040	Tidak Memenuhi
L4T2	8,0	774,228	Tidak Memenuhi
L4T3	2,4	154,846	Memenuhi
L5T1	2,4	154,846	Memenuhi
L5T2	2,8	199,087	Memenuhi

L5T3	2,5	165,906	Memenuhi
------	-----	---------	----------

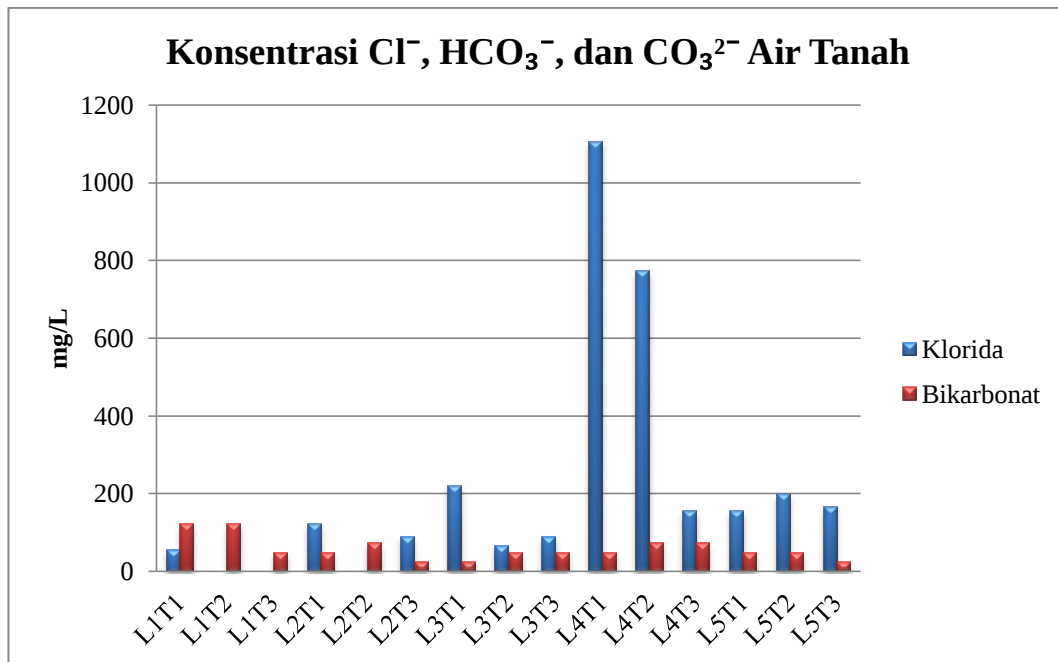
Keterangan:

- Volume Sampel : 25 mL
- Volume Titration Blanko : 1 mL

Ion bikarbonat (HCO_3^-) dan karbonat (CO_3^{2-}) diuji dengan metode titrasi asidimetri. Karena nilai pH seluruh sampel berada di bawah 8,3, indikator *fenolftalein* (PP) tidak mengalami perubahan warna, sehingga ion karbonat terbukti tidak terbentuk (0 mg/L). Oleh sebab itu, basa lemah yang menjadi penyeimbang utama dalam air murni 100% berasal dari ion bikarbonat. Hasil titrasi menunjukkan kadar bikarbonat terendah adalah 24,4 mg/L dan kadar tertinggi adalah 122 mg/L yang ditemukan pada sumur L1T1 dan L1T2. Rincian distribusi hasil pengujian Karbonat dan Bikarbonat ini disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Analisis Karbonat dan Bikarbonat Berdasarkan Titrasi Asidimetri

Kode Sumur	pH	Karbonat (mg/L)	Bikarbonat (mg/L)
L1T1	7	0	122
L1T2	7,2	0	122
L1T3	6,5	0	48,8
L2T1	6,6	0	48,8
L2T2	7,5	0	24,4
L2T3	6,5	0	73,2
L3T1	7	0	24,4
L3T2	7,8	0	48,8
L3T3	8	0	48,8
L4T1	7,2	0	48,8
L4T2	7,5	0	73,2
L4T3	7	0	73,2
L5T1	7,1	0	48,8
L5T2	7,3	0	48,8
L5T3	7	0	24,4



Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Ion Klorida dan Bikarbonat pada Setiap Titik Sumur

Perbandingan antara konsentrasi ion klorida dan ion bikarbonat pada grafik di atas memberikan konfirmasi yang sangat jelas mengenai terjadinya pergeseran dominasi komposisi kimia air tanah di Gampong Mon Ikeun. Pada sumur-sumur warga yang posisinya berada pada rentang jarak cukup jauh dari garis pantai (seperti kelompok sumur Lokasi L1 dan L2), kandungan kimia air tanahnya secara umum masih didominasi oleh konsentrasi ion bikarbonat. Konsentrasi ion bikarbonat tertinggi tercatat pada sumur L1T1 dan L1T2 yang mencapai 122 mg/L. Hal ini menjadi indikasi kuat bahwa sistem akuifer bebas di area daratan tersebut masih terjaga dengan baik dan mempertahankan karakteristik kemurnian air tawar alaminya.

Sebaliknya, peningkatan konsentrasi ion klorida yang sangat drastis ditemukan pada lokasi-lokasi yang posisinya berada relatif lebih dekat dengan garis pantai, terutama pada sumur Lokasi L4. Desakan air laut terbukti telah mendominasi dan menggeser keberadaan ion bikarbonat di wilayah tersebut. Puncak konsentrasi klorida tertinggi ditemukan pada sumur L4T1 dengan nilai mencapai 1.106,04 mg/L, disusul oleh sumur L4T2 sebesar 774,228 mg/L.

Kedua titik sumur di lokasi L4 ini telah jauh melampaui standar baku mutu maksimum klorida yang ditetapkan oleh Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, yaitu sebesar 250 mg/L. Sementara itu, kandungan ion karbonat pada seluruh titik sumur

tercatat bernilai 0 mg/L, hal ini dikarenakan derajat keasaman (pH) seluruh sampel air berada di rentang normal bawah 8,3 sehingga indikator *fenolftalein* tidak menunjukkan perubahan warna.

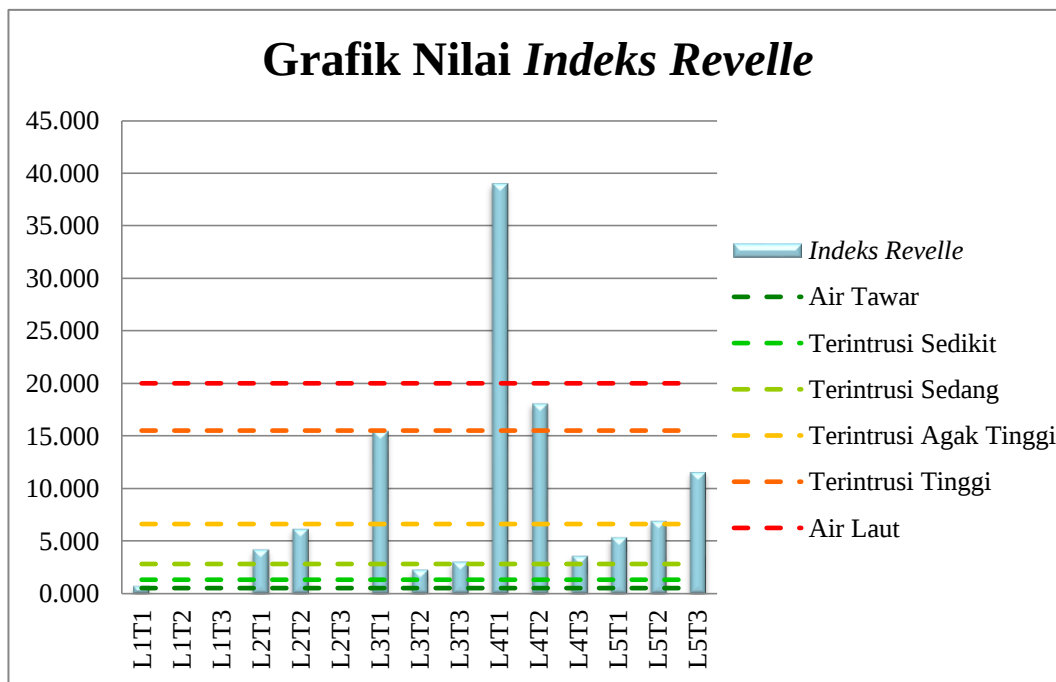
4.1.4 Perhitungan dan Klasifikasi Indeks Revelle

Nilai *Indeks Revelle* dihitung kemudian diklasifikasikan untuk mengidentifikasi tingkat pencemaran air laut pada masing-masing sumur. Klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada standar *Revelle* (1941) yang membagi tingkat intrusi ke dalam enam kategori, mulai dari air tawar hingga karakteristik air laut. Standar klasifikasi tersebut disajikan pada Tabel 3.8.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai RI pada ke-15 titik sumur di Gampong Mon Ikeun memiliki rentang yang sangat lebar, yakni antara 0 hingga 39. Titik sumur dengan nilai RI tertinggi adalah sumur L4T1 (39), sedangkan nilai terendah ditemukan pada sumur L1T2, L1T3, dan L2T3 (0) dikarenakan tidak adanya kandungan klorida yang terdeteksi pada titik tersebut. Rincian hasil perhitungan dan klasifikasi tingkat intrusi pada setiap titik sumur disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan *Indeks Revelle* pada Setiap Titik Sumur

Kode	Jarak Pantai	Klorida (mg/L)	Bikarbonat (mg/L)	Nilai RI	Klasifikasi RI
L1T1	50 m	55,302	122	0,78	Terintrusi sedikit
L1T2	450 m	0	122	0	Air tawar
L1T3	716 m	0	48,8	0	Air tawar
L2T1	45 m	121,664	48,8	4,29	Terintrusi agak tinggi
L2T2	455 m	88,483	24,4	6,24	Terintrusi agak tinggi
L2T3	670 m	0	73,2	0	Air tawar
L3T1	90 m	221,208	24,4	15,60	Air laut
L3T2	450 m	66,362	48,8	2,34	Terintrusi sedang
L3T3	671 m	88,483	48,8	3,12	Terintrusi agak tinggi
L4T1	66 m	1.106,040	48,8	39	Air laut
L4T2	146 m	774,228	73,2	18,20	Air laut
L4T3	302 m	154,846	73,2	3,64	Terintrusi agak tinggi
L5T1	412 m	154,846	48,8	5,46	Terintrusi agak tinggi
L5T2	337 m	199,087	48,8	7,02	Terintrusi tinggi
L5T3	241 m	165,906	24,4	11,70	Terintrusi tinggi



Gambar 4.6 Grafik Nilai *Indeks Revelle* pada 15 Titik Sumur

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Indeks Revelle* (RI) yang divisualisasikan pada Gambar 4.6, terlihat bahwa tingkat keparahan intrusi air laut pada akuifer bebas di Gampong Mon Ikeun menunjukkan variasi yang sangat kontras antar-lokasi sampling. Dari total 15 sumur warga yang diuji, hanya 3 sumur saja yang komposisi kimianya masih digolongkan sebagai kategori Air Tawar murni (nilai RI < 0,5), yaitu sumur L1T2, L1T3, dan L2T3. Sebaliknya, 12 sumur lainnya telah teridentifikasi mengalami intrusi air laut dengan tingkat keparahan yang berjenjang, mulai dari tingkat terintrusi sedikit, terintrusi sedang, terintrusi agak tinggi, terintrusi tinggi, hingga kategori air laut.

Puncak kontaminasi air laut yang paling parah ditemukan pada kelompok sumur di Lokasi L4. Sumur L4T1 mencatatkan nilai *Indeks Revelle* tertinggi dan paling drastis, yaitu mencapai angka 39, yang berdasarkan klasifikasi *Revelle* (1941) sudah masuk ke dalam kategori Karakteristik Air Laut (nilai RI > 15,5). Kondisi ini didukung oleh sumur L3T1 dan L4T2 yang masing-masing memiliki nilai RI sebesar 15,60 dan 18,20, sehingga keduanya turut masuk dalam kategori Air Laut. Tingginya rasio kimia pada titik-titik tersebut mengonfirmasi secara mutlak bahwa dominasi ion bikarbonat khas air tawar telah sepenuhnya tergeser

oleh kelimpahan ion klorida akibat penyusupan air laut ke dalam sistem akuifer dangkal pemukiman.

4.2 Persebaran Spasial dan Pemetaan Area Intrusi Air Laut

4.2.1 Pola Intrusi Berdasarkan Jarak Sumur dari Garis Pantai

Jarak sumur dari garis pantai merupakan variabel bebas utama dalam penelitian ini. Sumur yang berlokasi lebih dekat dengan garis pantai diasumsikan memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap pengaruh air laut karena berada dekat dengan zona pertemuan (*interface*) antara air tawar dan air asin. Namun, pola penyusupan intrusi tidak selalu menurun secara linier terhadap jarak, karena pergerakan air tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur geologi, elevasi muka air tanah, keberadaan badan air permukaan (seperti muara), dan intensitas pemompaan sumur oleh masyarakat (Zahrotuttakiyah, 2020).

Dalam penelitian ini, titik pengamatan memiliki variasi jarak mulai dari 45 m hingga 716 m dari garis pantai Gampong Mon Ikeun. Berdasarkan hasil perhitungan *Indeks Revelle* (RI), titik-titik sampel tersebut kemudian dikelompokkan ke dalam empat rentang jarak untuk mengidentifikasi pola gradasi intrusi dari zona pesisir menuju daratan. Ringkasan pola tersebut disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Pola *Indeks Revelle* Berdasarkan Kelompok Jarak dari Garis Pantai

Kelompok Jarak	Kode Titik	Rentang RI	Kelas Dominan	Interpretasi
< 100 m	L1T1 L2T1 L3T1 L4T1	0,78 - 39	Terintrusi Sedikit - Air Laut	Zona ini memiliki tingkat kerentanan tertinggi terhadap desakan air laut. Intrusi memicu pencemaran parah hingga mencapai karakteristik air laut penuh (RI 39), terutama pada area yang sangat dekat dengan pantai atau muara.
100 - 300 m	L4T2 L5T3	11,70 - 18,20	Terintrusi Tinggi - Air Laut	Pengaruh air laut masih sangat kuat menyusup ke daratan,

				mengindikasikan jalur rembesan yang dipengaruhi muara disekitar lokasi 4 dan 5.
301 - 500 m	L1T2 L2T2 L3T2 L4T3 L5T1 L5T2	0 - 7,02	Air Tawar - Air Laut	Beberapa sumur masih murni berupa air tawar ($RI = 0$), namun titik lainnya mengalami degradasi hingga kategori terintrusi tinggi.
> 500 m	L1T3 L2T3 L3T3	0 - 3,12	Air Tawar - Terintrusi agak tinggi	Pengaruh intrusi air laut mulai melemah. Kualitas air tanah kembali didominasi oleh air tawar, meskipun masih terdapat indikasi intrusi pada tingkat agak tinggi.

Temuan lapangan di Gampong Mon Ikeun menunjukkan bahwa pola spasial intrusi air laut tidak selalu bersifat linier atau menurun beraturan seiring bertambahnya jarak sumur dari garis pantai. Meskipun secara teori sumur yang berada lebih dekat dengan bibir pantai memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi, hasil analisis *Indeks Revelle* (RI) justru mencatat adanya anomali yang signifikan. Pada kelompok jarak < 100 m, rentang RI justru paling lebar dan tidak konsisten: L1T1 (50 m) baru tergolong Terintrusi Sedikit (RI 0,78), sedangkan L2T1 yang hanya berjarak 45 m telah masuk kategori Terintrusi Agak Tinggi (RI 4,29), berbeda jauh dengan L3T1 (90 m) dan L4T1 (66 m) yang sudah mencapai kategori Air Laut (RI 15,60 dan 39). Sebaliknya, pada jarak yang lebih jauh di daratan, sumur L5T1 (412 m) dan L5T2 (337 m) justru masing-masing menunjukkan kategori Terintrusi Agak Tinggi (RI 5,46) dan Terintrusi Tinggi (RI 7,02), lebih parah dibandingkan sebagian sumur yang berada jauh lebih dekat dengan garis pantai.

Ketidakteraturan pola ini membuktikan bahwa intrusi air laut di lokasi penelitian tidak hanya dipicu oleh resapan langsung dari garis pantai, melainkan sangat dipengaruhi oleh keberadaan muara sungai di sekitar lokasi L4 dan L5.

Muara sungai tersebut bertindak sebagai jalur bebas hambatan yang memudahkan air laut masuk jauh ke arah daratan ketika terjadi pasang surut.

Fenomena anomali akibat pengaruh muara ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan (Hariati dkk., 2022) yang menjelaskan bahwa interaksi dinamis antara pasang surut laut dan aliran muara dapat memicu efek aliran balik (*backwater*), di mana air laut menekan dan mengalir masuk ke arah hulu sungai. Tanpa adanya penghalang hidrolik yang kuat, aliran balik air asin ini mampu menembus daratan hingga jarak kilometer dari bibir pantai, yang pada akhirnya merembes ke samping dan memperluas zona pencemaran air tanah pada sumur-sumur di sepanjang aliran muara tersebut. Dengan demikian, keberadaan muara di Gampong Mon Ikeun bertindak sebagai pendorong utama penyebaran intrusi air laut yang mampu menembus batas jarak geografis pantai.

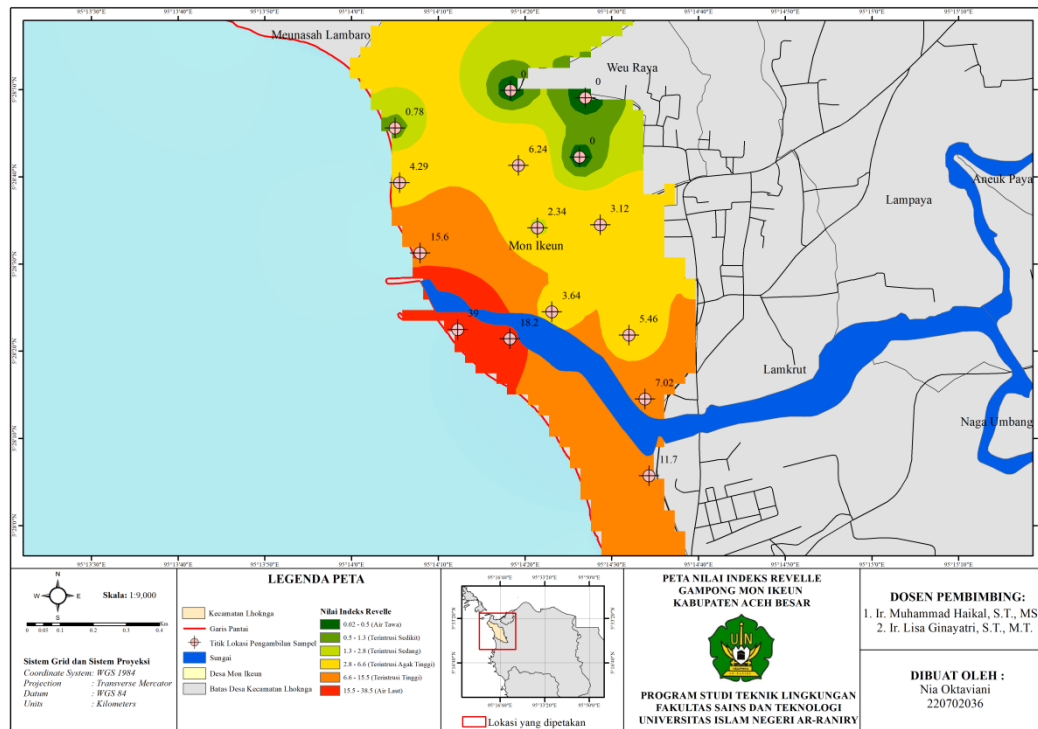
4.2.2 Sebaran Spasial Intrusi Air Laut Berdasarkan Interpolasi IDW

Analisis spasial dilakukan untuk memetakan persebaran intrusi air laut berdasarkan nilai *Indeks Revelle* pada 15 titik sumur. Nilai RI dari setiap titik dimasukkan sebagai data atribut pada koordinat sampling, kemudian diinterpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW). Metode ini memberikan bobot lebih besar pada titik terdekat sehingga nilai pada area yang tidak memiliki sampel diprediksi berdasarkan pengaruh titik-titik pengukuran di sekitarnya. *Output* utama analisis spasial adalah peta sebaran nilai RI dan peta zonasi tingkat intrusi. Zona dengan $RI < 0,5$ diklasifikasikan sebagai air tawar, sedangkan zona dengan $RI \geq 0,5$ diklasifikasikan sebagai area yang telah mulai menunjukkan pengaruh intrusi dengan tingkat keparahan berbeda sesuai Klasifikasi *Indeks Revelle*. Data input pemetaan IDW nilai *Indeks Revelle* ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Input Pemetaan IDW Nilai *Indeks Revelle*

Kode	Longitude	Latitude	Jarak Pantai	Nilai RI	Klasifikasi Intrusi
L1T1	95.234729	5.479336	50 m	0,78	Terintrusi sedikit
L1T2	95.238428	5.480535	450 m	0	Air tawar
L1T3	95.240819	5.480299	716 m	0	Air tawar
L2T1	95.234871	5.477592	45 m	4,29	Terintrusi agak tinggi
L2T2	95.238681	5.478146	455 m	6,24	Terintrusi agak tinggi
L2T3	95.240635	5.478408	670 m	0	Air tawar
L3T1	95.235527	5.475354	90 m	15,60	Air laut
L3T2	95.239290	5.476154	450 m	2,34	Terintrusi sedang
L3T3	95.241298	5.476248	671 m	3,12	Terintrusi agak tinggi
L4T1	95.236735	5.472912	66 m	39	Air laut
L4T2	95.238403	5.472616	146 m	18,20	Air laut

L4T3	95.239747	5.473475	302 m	3,64	Terintrusi agak tinggi
L5T1	95.242221	5.472737	412 m	5,46	Terintrusi agak tinggi
L5T2	95.242730	5.470693	337 m	7,02	Terintrusi tinggi
L5T3	95.242863	5.468251	241 m	11,70	Terintrusi tinggi



Gambar 4.7 Peta Interpolasi IDW Nilai *Indeks Revelle*

Keluaran (*output*) utama dari metode IDW ini adalah peta zonasi luasan intrusi air laut di Gampong Mon Ikeun. Berdasarkan hasil ekstraksi luasan area (*Calculate Geometry*) pada perangkat lunak SIG, luas kawasan yang tergolong aman atau air tawar mencakup 1,94 hektar dari total area yang dipetakan. Rincian luas untuk masing-masing zona keparahan intrusi disajikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Luas Zona Intrusi Berdasarkan Hasil Pemetaan IDW

Zona Intrusi	Rentang RI	Luas (Hektar)	Titik Sumur Terkait
Air Tawar	< 0,5	1,94	L1T2, L1T3, L2T3.
Terintrusi sedikit	0,5 – 1,3	6,82	L1T1.
Terintrusi sedang	1,3 – 2,8	27,11	L3T2.
Terintrusi agak tinggi	2,8 – 6,6	92	L2T1, L2T2, L3T3, L4T3, L5T1.
Terintrusi tinggi	6,6 – 15,5	15,45	L5T2, L5T3.
Air Laut	> 15,5	9,84	L3T1, L4T1, L4T2.

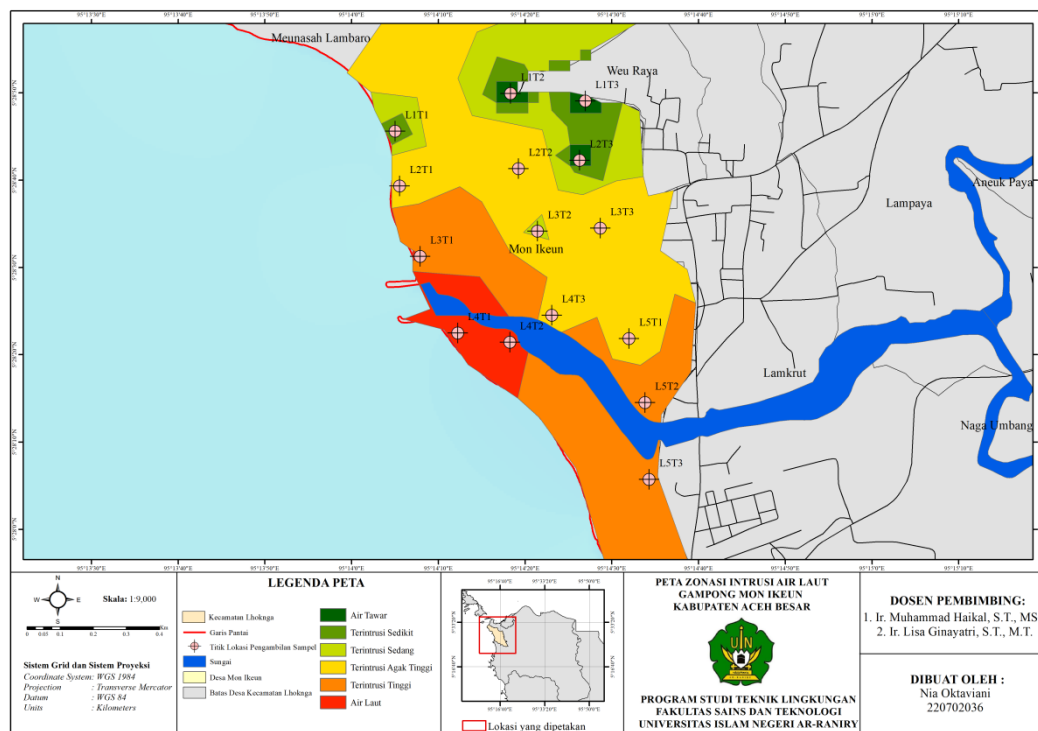
Berdasarkan Tabel 4.11, hasil pemetaan spasial menggunakan metode interpolasi IDW memperlihatkan bahwa kualitas air tanah di Gampong Mon Ikeun memiliki distribusi luasan intrusi yang bervariasi. Hasil perhitungan luasan area

menunjukkan bahwa kawasan ini tidak lagi didominasi oleh ketersediaan air tawar murni, melainkan sebagian besar kawasannya telah terdampak rembesan air laut dengan tingkat yang berbeda.

Secara rinci, wilayah dengan luasan paling mendominasi berada pada zona Terintrusi agak tinggi, yakni mencapai 92 hektar. Area ini meliputi titik pengamatan sumur L2T1, L2T2, L3T3, L4T3, L5T1. Luasan terbesar kedua ditempati oleh zona Terintrusi sedang yang mencakup area seluas 27,11 hektar, di mana titik sumur L3T2 berada. Tingginya persentase luasan pada kedua kategori ini menegaskan bahwa sebagian besar kawasan Gampong Mon Ikeun telah mengalami penurunan kualitas air tanah akibat intrusi air laut yang cukup nyata.

Sementara itu, wilayah yang kualitas air tanahnya masih tergolong aman atau berada pada kategori Air Tawar ($RI < 0,5$) memiliki cakupan area yang jauh lebih terbatas, yaitu hanya seluas 1,94 hektar. Zona aman ini diwakili oleh titik sumur L1T2, L1T3, serta L2T3. Di samping itu, terdapat pula area transisi awal berupa zona Terintrusi Sedikit dengan luasan 6,82 hektar dimana titik sumur L1T1 berada.

Pada wilayah dengan tingkat kondisi paling parah, peta zonasi berhasil mengidentifikasi keberadaan zona Terintrusi Tinggi seluas 15,45 hektar (melingkupi sumur L5T2 dan L5T3). Selain itu, terdapat zona dengan kategori Air Laut murni yang mencakup luasan sebesar 9,84 hektar yang terpusat di titik sumur L3T1, L4T1, dan L4T2. keberadaannya menjadi indikator penting bahwa desakan intrusi air laut pada titik-titik ini sudah mencapai batas yang tidak lagi layak untuk pemanfaatan sumber air bersih.



Gambar 4.8 Peta Zonasi Tingkat Intrusi Air Laut di Gampong Mon Ikeun

4.3 Rekomendasi Pencegahan Meluasnya Intrusi Air Laut

Berdasarkan hasil analisis tingkat intrusi air laut di Gampong Mon Ikeun, terdapat beberapa rekomendasi upaya perlindungan air tanah oleh masyarakat yang dapat dimulai dari langkah-langkah sederhana yang sangat mudah diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai upaya jangka menengah, pembangunan embung resapan di area dekat permukiman dapat menjadi solusi untuk menampung air hujan dan aliran permukaan. Selain berfungsi menambah imbuhan air tanah, air yang tertampung pada embung tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan perkebunan dan pertanian warga, sehingga masyarakat tidak harus bergantung pada sumur-sumur yang berisiko terintrusi. Di samping itu, pemanfaatan sumur komunal yang dibangun pada zona aman (zona hijau) secara bersama-sama oleh beberapa rumah tangga dinilai lebih efisien, karena dapat mengurangi jumlah titik pengambilan air tanah yang tersebar di seluruh gampong, sehingga tekanan eksploitasi pada akuifer lebih terkendali dan laju masuknya air laut ke daratan dapat ditekan.

Bagi pemerintah gampong dan pemerintah daerah, diperlukan imbauan serta pengawasan terhadap tingkat eksploitasi air tanah oleh masyarakat di wilayah pesisir, agar volume air tanah tawar tidak terus menurun dan memperparah desakan

air laut ke daratan. Pemerintah desa juga perlu secara aktif mengajukan perluasan jaringan pipa air bersih dari PDAM ke wilayah Gampong Mon Ikeun, sehingga ketergantungan masyarakat terhadap air tanah dapat berkurang secara bertahap dan ketersediaan air minum yang sehat, aman, dan berkelanjutan bagi masyarakat dapat terjamin sepenuhnya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan mengenai analisis tingkat intrusi air laut di Gampong Mon Ikeun, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan klasifikasi *Indeks Revelle* (RI), akuifer bebas di Gampong Mon Ikeun teridentifikasi mengalami intrusi air laut dengan variasi tingkat keparahan yang luas (nilai RI 0 hingga 39). Dari 15 titik sumur, sebanyak 3 sumur berstatus air tawar murni ($RI < 0,5$), 1 sumur terintrusi sedikit, 1 sumur terintrusi sedang, 4 sumur terintrusi agak tinggi, 2 sumur terintrusi tinggi, dan 4 sumur telah mencapai kategori karakteristik air laut ($RI > 15,5$ dengan tingkat kontaminasi terparah pada sumur L4T1). Kondisi ini mengindikasikan bahwa akuifer bebas pada kondisi eksisting telah terintrusi air laut, yang mana fenomena ini berpotensi telah terjadi sejak lama mengingat ketiadaan data historis pembandingan.
2. Pola persebaran intrusi air laut di kawasan pesisir Gampong Mon Ikeun tidak tersebar secara merata. Wilayah yang paling parah terdampak intrusi terkonsentrasi pada lokasi yang berdekatan dengan garis pantai dan muara, seperti pada kelompok sumur di Lokasi L3 dan L4. Sebaliknya, kualitas air tanah pada sumur-sumur yang berada pada rentang jarak yang cukup jauh ke arah daratan, seperti di Lokasi L1 dan L2, relatif masih terjaga dan didominasi oleh karakteristik air tawar murni yang kaya akan ion bikarbonat.
3. Upaya penanggulangan difokuskan pada pencegahan perluasan zona intrusi melalui pembatasan pemompaan air tanah di zona terintrusi, pemanfaatan sumur komunal di area daratan tawar, serta pembangunan embung penampung air hujan oleh Pemerintah Gampong sebagai sarana *recharge* akuifer dan penyuplai air pertanian/perkebunan.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan pelaksanaan dan temuan yang diperoleh pada penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan sebagai langkah tindak lanjut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pemantauan sampel secara berkala (*time-series*) yang mencakup variasi fase pasang-surut air laut serta perbandingan antara musim kemarau dan musim hujan untuk mengamati dinamika fluktuasi *interface* air laut secara temporal.
2. Penelitian ini belum mempertimbangkan faktor topografi dan kontur elevasi lahan Gampong Mon Ikeun, sehingga penelitian lanjutan disarankan untuk memasukkan data topografi ke dalam analisis spasial agar pola pergerakan air laut ke arah daratan dapat dijelaskan secara lebih menyeluruh.
3. Disarankan untuk mengintegrasikan variabel pemetaan tata guna lahan serta menggunakan pemodelan hidrogeologi 3 Dimensi (3D) guna memprediksi pergerakan bidang batas air asin dan air tawar di masa yang akan datang.

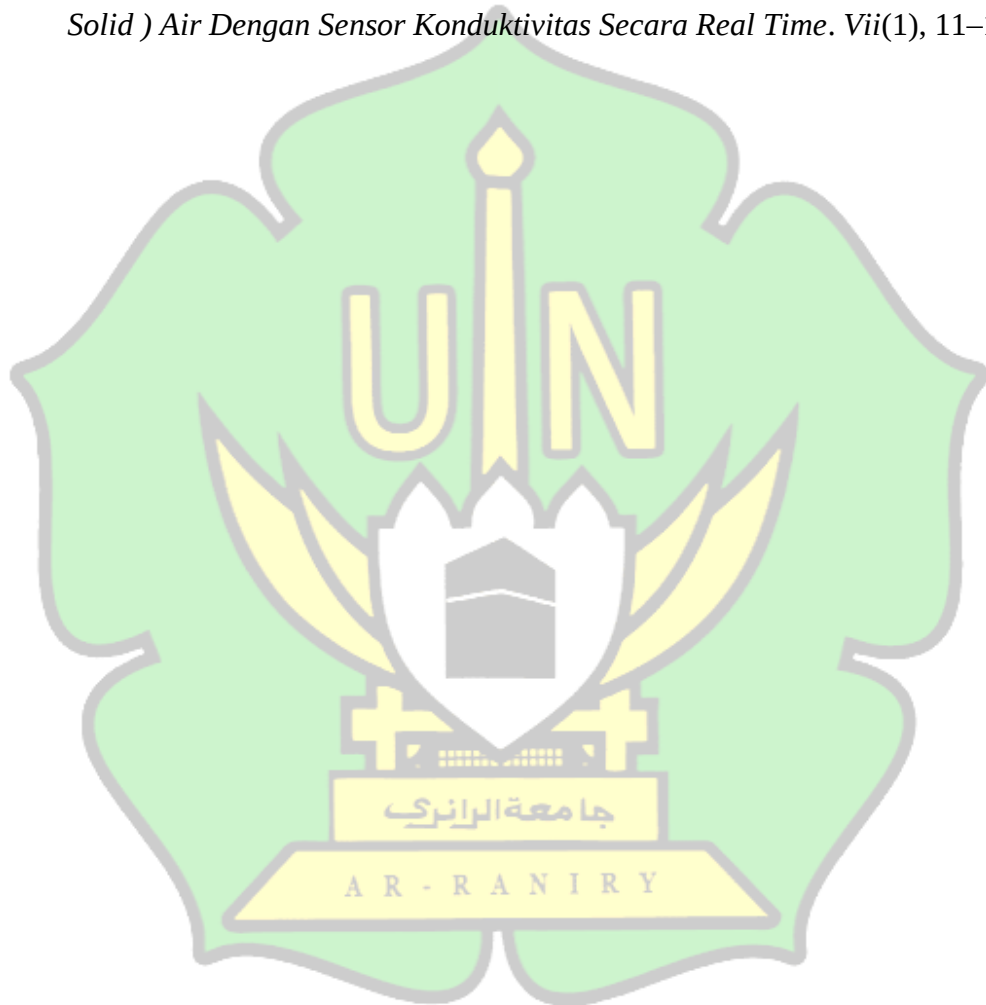
DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Asri, H., Ardiansyah, M., Bulotio, N. F., & Israwahyudi. (2023). *Ekologi Perairan*. Get Press Indonesia.
- Anggraini, S. M., Rahmah, A. S., Miagustin, A. P., Alfin, E., & Barat, J. (2025). *Analisis Perbandingan Keterediaan Air Bersih Antara Kawasan Perumahan Dan Perkampungan. Sumber Air Bersih*. 3(4), 324–332.
- Annam, R., & Tim Peneliti. (2022). Pemetaan Salinitas Sumur Dangkal Berdasarkan Jumlah Konsentrasi Garam Di Kecamatan Tebing Tinggi Dan Tebing Tinggi Barat Kabupaten Kepulauan Meranti. *Jurnal Geologi Dan Tambang*, 2(1), 25–33.
- Ardaneswari, T. A., Yulianto, T., (2016). Analisis Intrusi Air Laut Menggunakan Data Resistivitas. *Young Physicist Journal*, 5(4), 335–349.
- Ariyanto, G., Mardyanto, M. A., Program, M., Pascasarjana, S., Lingkungan, T., Pengajar, S., Studi, P., & Teknik, P. *Kondisi Intrusi Air Laut Terhadap Kondisi Kualitas Air Tanah*. Cl.
- Badan Pusat Statistik (2023). *Statistik Air Bersih Provinsi Aceh: Kapasitas Dan Layanan Pdam Tahun 2023*.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh. (2024). *Provinsi Aceh Dalam Angka 2024*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *Metode Pengujian Alkalinitas Dalam Air Dengan Titrimetri* (Sni 06-2420-1991).
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Air Dan Air Limbah – Bagian 58: Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah* (Sni 6989.58:2008).
- Bahtiar, R., Wijayanto, Y., & Budiman, S. A. (2016). *Perbedaan Karakteristik Sebaran Spasial Hujan Di Kabupaten Jember Menggunakan Metode Inverse Distance Weighted (Idw) Dan Poligon Thiessen*. 5, 1–5.
- Cahyadi, A., Adji, T. N., Marfai, M. A., Noviandaru, S., Geografi, F., & Mada, U. G. (2017). *Analisis Dampak Intrusi Air Laut Terhadap Airtanah Di Pulau Koral Pramuka , Dki Jakarta*. 1790(2012).
- Darwis. (2018). *Pengelolaan Air Tanah*. Pena Indis.
- Fidelibus, M. D., Balacco, G., Alfio, M. R., Arfaoui, M., Bassukas, D., Güler, C., Hamzaoui-Azaza, F., Külls, C., Panagopoulos, A., Parisi, A.,

- Sachsamanoglou, E., & Tziritis, E. (2025). A chloride threshold to identify the onset of seawater/saltwater intrusion and a novel categorization of groundwater in coastal aquifers. *Journal of Hydrology*, 653, 132775.
- Gemilang, W. A., Wissha, U. J., & Ondara, K. (2016). Gejala Intrusi Air Laut Di Daerah Pesisir Padelegan, Pademawu. *Jurnal Kelautan*, 9(2).
- Hariati, F., Taqwa, F. M. L., & Qonita, N. S. (2022). Kajian Intrusi Air Laut akibat Backwater di Muara Sungai Citanduy. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 6(2), 93-98.
- Hidayat, R. R. (2011). Rancang Bangun Alat Pemisah Garam Dan Airtawar Dengan Menggunakan Energi Matahari . *Skripsi*.
- Huljani, M., & Rahma, N. (2018). Analisis Kadar Klorida Air Sumur Bor Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Ii Musi Ii Palembang Dengan Metode Titrasi Argentometri. 2(2), 5–9.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Pp Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan*.
- Kiareni, C. L., & Sorisa, C. (2024). Analisis Penerapan Distribusi Sampling Terhadap Kualitas Informasi Dan Kepuasan Pengguna Media Sosial. 2(6), 560–564.
- Kodoatie, R. J. (2012). *Tata Ruang Air Tanah*. Andi.
- Latumeten, G. R., Tubalawony, S., & Noya, Y. A. (2023). Kondisi Eksisting Intrusi Air Laut Di Pesisir Latuhalat , Pulau Ambon (Existing Conditions Of Seawater Intrusion At The Coastal Of Latuhalat , Ambon Island). 19(April), 43–51.
- Maghfirah, A. (2018). *Identifikasi Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Di Gampong Alue Naga Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh* [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Margareta, B., & Toruan, P. L. (2022). Analisis Perubahan Temperatur Air Terhadap Daya Hantar Listrik (Dhl) Dan Total Dissolved Solid (Tds). 7(1), 1–7.
- Mustofani, D., Afif, A., Oktaviasari, D. I., & Ariadhita, B. Y. Analisis Data Hubungan Antar Variabel Pada Pengetahuan Swamedikasi. 10, 12–17.

- Priyono, I., Saputra, R. A., Geologi, J. T., & Pertamina, U. (2023). *Analisis Kualitas Airtanah Berdasarkan Sifat Fisika Dan Kimia Serta Hidrogeokimia , Studi Kasus : Kecamatan Balikpapan Timur , Balikpapan , Kalimantan Timur* *Analysis Of Groundwater Quality Based On Physical And Chemical Properties And Hydrogeochemistry , Case Study : East Balikpapan District , Balikpapan , East Kalimantan*. 29(2), 31–49.
- Revelle, R. (1941). Criteria for recognition of the sea water in ground- waters. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 22(3), 593-597.
- Rinaldi. (2022). *Pemetaan Potensi Air Tanah Dan Kualitas Air Menggunakan Metode Sistem Informasi Geografis (Sig) Geokimia Daerah Kelurahan Gajah Sakti Dan Kelurahan Talang Mandi Kecamatan Mandau Provinsi Riau* [Skripsi]. Universitas Islam Riau.
- Rumpakwakra, E., Hattu, N., Jaya, G. W., Nggolaon, D., Rikumahu, V., Thohirah, A., Silahooy, S., Latupeirissa, J., & Telussa, I. (2024). *Pengenalan Standar Kualitas Air Minum Pada Masyarakat Di Desa Poka , Kecamatan Teluk Ambon*.
- Santosa, R. R. B., Yulianto, G., & Damar, A. (2021). Sebaran Spasial Intrusi Air Laut Di Wilayah Pesisir Teluk Banten Dan Alternatif Upaya Pengendaliannya. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 11(1), 1–15.
- Sidiq, N. I. (2023). Analisis Spasial Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Mikrobiologi Di Kecamatan Depok, Sleman. *Tugas Akhir*.
- Sudiartono, U. (2025). *Pengelolaan Air Tanah Berkelanjutan Dalam Perspektif Ekohidrogeologi*. CV Dunia Penerbitan Buku.
- Suhartono, E., Purwanto, P., & Suripin, S. (2015). Seawater Intrusion Modeling On Groundwater Confined Aquifer In Semarang. *Procedia Environmental Sciences*, 23(Ictcred 2014), 110–115.
- Todd, D. K. (1980). *Groundwater Hydrology* (2nd Ed.). John Wiley And Sons.
- Yudanegara, R. A., Astutik, D., Hernandi, A., Soedarmodjo, T. P., & Alexander, E. (2021). Penggunaan Metode *Inverse Distance Weighted* (Idw) Untuk Pemetaan Zona Nilai Tanah (Studi Kasus: Kelurahan Gedong Meneng, Bandar Lampung). *Elipsoida: Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 4(2), 85–90.

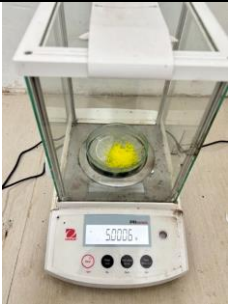
- Wulan Dwi Kusumah Asih, A. C. (2024). Intrusi Air Laut Pada Akuifer Bebas Cekungan Air Tanah Jakarta Bagian Utara. *Jurnal Geologi Kelautan*. 22(2), 80–95.
- Zahrotuttakiyah. (2020). Penentuan Zona Intrusi Air Laut dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Zamora, R., & Wildian, H. (2015). *Perancangan Alat Ukur Tds (Total Dissolved Solid) Air Dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time*. Vii(1), 11–15.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian

Gambar	Keterangan
	Proses pengambilan sampel air tanah dangkal secara langsung (<i>grab sampling</i>) dari salah satu sumur gali aktif milik warga menggunakan timba pada saat fase air laut menuju pasang tertinggi.
	Proses pengukuran parameter fisik air tanah di laboratorium, meliputi pengukuran nilai derajat keasaman (pH), Daya Hantar Listrik (DHL), dan <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) menggunakan alat digital multiparameter.
	Persiapan larutan baku titrasi argentometri Natrium Klorida NaCl dengan 0,014 N sebanyak 0,8182 gram
	Larutan NaCl dengan 0,014 N sebanyak 1 liter sebagai larutan standar

	Ditimbang bahan kimia indikator K_2CrO_4 5% sebanyak 5 gr yang digunakan untuk analisis klorida
	Proses pengujian sampel melalui metode titrasi argentometri
	Hasil analisis kadar klorida pada Lokasi 1
	Ditambahkan indikator <i>Methyl Orange</i> (MO) pada sampel 25 ml
	Hasil analisis kadar bikarbonat pada Lokasi 1

Lampiran 2 Standardisasi Larutan Perak Nitrat (AgNO_3)

a. Pembuatan Larutan NaCl 0,014 N sebanyak 1 Liter

Larutan baku primer NaCl digunakan untuk menstandarisasi larutan AgNO_3

Rumus:

$$\text{Massa NaCl (gram)} = N \times V \times BE$$

Keterangan:

- $N = 0,014N$
- $V = \text{Volume larutan 1Liter}$
- $BE = \text{Berat Ekuivalen NaCl } 58,44 \text{ g/mol}$

Perhitungan:

$$\text{Massa NaCl} = 0,014 N \times 1 L \times 58,44 = 0,81816 \text{ gram} \approx 0,8182 \text{ gram}$$

Ditimbang NaCl sebanyak 0,8182 gram, dilarutkan dengan akuades di dalam labu takar hingga tanda batas 1 Liter untuk mendapatkan larutan NaCl 0,014 N.

b. Standardisasi Larutan Titran Perak Nitrat (AgNO_3)

Rumus:

$$V_{\text{NaCl}} \times N_{\text{NaCl}} = V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3}$$

$$N_{\text{AgNO}_3} = \frac{V_{\text{NaCl}} \times N_{\text{NaCl}}}{V_{\text{AgNO}_3}}$$

Keterangan:

- $V_{\text{AgNO}_3} = 4,5 \text{ ml}$
- $V_{\text{NaCl}} = 25 \text{ ml}$
- $N_{\text{NaCl}} = 0,014 N$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} N_{\text{AgNO}_3} &= \frac{25 \text{ ml} \times 0,014 N}{4,5 \text{ ml}} \\ &= \frac{0,35}{4,5 \text{ ml}} \\ &= 0,078 N \end{aligned}$$

Maka, Normalitas AgNO_3 yang digunakan untuk analisis sampel adalah 0,078 N.

Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Klorida (Cl^-)

Pengukuran kadar klorida dilakukan menggunakan metode Titrasi Argentometri (Metode Mohr).

Rumus:

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 35,45}{V} \times 1000$$

Keterangan:

- A volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi sampel (ml)
- B volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi blanko (ml) = 1ml
- N normalitas larutan baku AgNO_3 = 0,078 N
- V volume sampel (ml) = 25ml

- Sampel L1T1

Diketahui: A = 1,5 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(1,5-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 0,5 \times 110,604 = 55,302 \text{ mg/L}$$

- Sampel L1T2

Diketahui: A = 0,4 mL

Karena volume titrasi sampel (0,4 mL) lebih kecil dari volume titrasi blanko (1 mL), maka tidak ada klorida yang terdeteksi. Kadar klorida (mg/L)

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 0 \text{ mg/L}$$

- Sampel L1T3

Diketahui: A = 0,8 mL

Karena volume titrasi sampel (0,8 mL) lebih kecil dari volume titrasi blanko (1 mL), maka tidak ada klorida yang terdeteksi. Kadar klorida (mg/L)

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 0 \text{ mg/L}$$

- Sampel L2T1

Diketahui: A = 2,1 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(2,1-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 1,1 \times 110,604 = 121,664 \text{ mg/L}$$

- Sampel L2T2

Diketahui: A = 1,8 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(1,8-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 0,8 \times 110,604 = 88,483 \text{ mg/L}$$

- Sampel L2T3

Diketahui: A = 1,0 mL

Volume titrasi sampel sama dengan volume blanko (1 - 1 = 0), sehingga klorida tidak terdeteksi.

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 0 \text{ mg/L}$$

- Sampel L3T1

Diketahui: A = 3 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(3-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 2, \times 110,604 = 221,208 \text{ mg/L}$$

- Sampel L3T2

Diketahui: A = 1,6 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(1,6-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 0,8 \times 110,604 = 66,362 \text{ mg/L}$$

- Sampel L3T3

Diketahui: A = 1,8 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(1,8-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 0,8 \times 110,604 = 88,483 \text{ mg/L}$$

- Sampel L4T1

Diketahui: A = 11 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(11-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 10 \times 110,604 = 1.106,040 \text{ mg/L}$$

- Sampel L4T2

Diketahui: A = 8 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(8-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 7 \times 110,604 = 774,228 \text{ mg/L}$$

- Sampel L4T3

Diketahui: A = 2,4 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(2,4-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 1,4 \times 110,604 = 154,846 \text{ mg/L}$$

- Sampel L5T1

Diketahui: A = 2,4 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(2,4-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 1,4 \times 110,604 = 154,846 \text{ mg/L}$$

- Sampel L5T2

Diketahui: A = 2,8 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(2,8-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 1,8 \times 110,604 = 199,087 \text{ mg/L}$$

- Sampel L5T3

Diketahui: A = 2,5 mL

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = \frac{(2,5-1) \times 0,078 \times 35,45}{25} \times 1000$$

$$\text{Kadar klorida (mg/L)} = 1,5 \times 110,604 = 165,906 \text{ mg/L}$$

Lampiran 4 Perhitungan konsentrasi karbonat (CO_3^{2-})

Berdasarkan hasil uji laboratorium, nilai pH pada seluruh sampel air sumur (L1T1 hingga L5T3) berada di rentang 6,5 hingga 8 (di bawah 8,3). Pada kondisi pH ini, saat ditetaskan indikator *Fenolftalein* (PP), air tidak mengalami perubahan warna (tetap bening).

Oleh karena itu, volume penitar pada titrasi PP (Volume A) adalah 0 mL. Merujuk pada hubungan alkalinitas, jika A=0, maka kadar Karbonat (CO_3^{2-}) untuk seluruh sampel (L1T1 hingga L5T3) adalah 0 mg/L.

Lampiran 5 Perhitungan konsentrasi bikarbonat (HCO_3^-)

Karena nilai A = 0, maka seluruh nilai alkalinitas diasumsikan berasal dari ion Bikarbonat (HCO_3^-) yang didapatkan dari volume total titrasi metil jingga (Volume B).

Rumus:

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{V_B \times N_{\text{asam}} \times BE \times 1000}{\text{volume sampel}}$$

Keterangan:

N_{asam} (Normalitas larutan HCl) = 0,1 N

BE (Berat Ekuivalen HCO_3^-) = 61

Volume sampel = 25 mL

V_B = Volume total titrasi metil jingga (mL)

- Sampel L1T1

Diketahui V_B = 0,5 mL

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,5 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{3050}{25} = 122 \text{ mg/L}$$

- Sampel L1T2

Diketahui V_B = 0,5 mL

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,5 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{3050}{25} = 122 \text{ mg/L}$$

- Sampel L1T3

Diketahui V_B = 0,2 mL

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,2 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1220}{25} = 48,8 \text{ mg/L}$$

- Sampel L2T1

Diketahui V_B = 0,2 mL

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,2 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1220}{25} = 48,8 \text{ mg/L}$$

- Sampel L2T2

Diketahui V_B = 0,1 mL

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,1 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{610}{25} = 24,4 \text{ mg/L}$$

- Sampel L2T3

Diketahui $V_B = 0,3 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,3 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1830}{25} = 73,2 \text{ mg/L}$$

- Sampel L3T1

Diketahui $V_B = 0,1 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,1 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{610}{25} = 24,4 \text{ mg/L}$$

- Sampel L3T2

Diketahui $V_B = 0,2 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,2 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1220}{25} = 48,8 \text{ mg/L}$$

- Sampel L3T3

Diketahui $V_B = 0,2 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,2 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1220}{25} = 48,8 \text{ mg/L}$$

- Sampel L4T1

Diketahui $V_B = 0,2 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,2 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1220}{25} = 48,8 \text{ mg/L}$$

- Sampel L4T2

Diketahui $V_B = 0,3 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,3 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1830}{25} = 73,2 \text{ mg/L}$$

- Sampel L4T3

Diketahui $V_B = 0,3 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,3 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{252}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1830}{25} = 73,2 \text{ mg/L}$$

- Sampel L5T1

Diketahui $V_B = 0,2 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,2 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1220}{25} = 48,8 \text{ mg/L}$$

- Sampel L5T2

Diketahui $V_B = 0,2 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,2 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{1220}{25} = 48,8 \text{ mg/L}$$

- Sampel L5T3

Diketahui $V_B = 0,1 \text{ mL}$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{0,1 \times 0,1 \times 61 \times 1000}{25}$$

$$\text{Kadar HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{610}{25} = 24,4 \text{ mg/L}$$

Lampiran 6 Perhitungan *Indeks Revelle*

Rumus utama untuk menghitung *Indeks Revelle* adalah:

$$RI = \frac{Cl^-}{HCO_3^- + CO_3^{2-}}$$

Karena berdasarkan hasil analisis sebelumnya diketahui bahwa konsentrasi ion karbonat (CO_3^{2-}) bernilai 0 mg/L untuk seluruh sampel, maka rumus perhitungannya dapat disederhanakan menjadi:

$$RI = \frac{Cl^-}{HCO_3^-}$$

- Sampel L1T1

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 55,302 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 122 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 55,302 \div 35,45 = 1,56$ meq/L

$\text{HCO}_3^- = 122 \div 61 = 2$ meq/L

$$RI = \frac{1,56}{2} = 0,78 \text{ (Terintrusi sedikit)}$$

- Sampel L1T2

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 0 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 122 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 0 \div 35,45 = 0$ meq/L

$\text{HCO}_3^- = 122 \div 61 = 2$ meq/L

$$RI = \frac{0}{2} = 0 \text{ (Air tawar)}$$

- Sampel L1T3

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 0 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 48,8 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 0 \div 35,45 = 0$ meq/L

$\text{HCO}_3^- = 48,8 \div 61 = 0,8$ meq/L

$$RI = \frac{0}{0,8} = 0 \text{ (Air tawar)}$$

- Sampel L2T1

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 121,664 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 48,8 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 121,664 \div 35,45 = 3,432$ meq/L

$\text{HCO}_3^- = 48,8 \div 61 = 0,8$ meq/L

$$RI = \frac{3,432}{0,8} = 4,29 \text{ (Terintrusi agak tinggi)}$$

- Sampel L2T2

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 88,483 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 24,4 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 88,483 \div 35,45 = 2,496 \text{ meq/L}$

$\text{HCO}_3^- = 24,4 \div 61 = 0,4 \text{ meq/L}$

$$RI = \frac{2,496}{0,4} = 6,24 \text{ (Terintrusi agak tinggi)}$$

- Sampel L2T3

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 0 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 73,2 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 0 \div 35,45 = 0 \text{ meq/L}$

$\text{HCO}_3^- = 48,8 \div 61 = 0,800 \text{ meq/L}$

$$RI = \frac{0}{0,8} = 0 \text{ (Air tawar)}$$

- Sampel L3T1

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 221,208 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 24,4 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 221,208 \div 35,45 = 6,240 \text{ meq/L}$

$\text{HCO}_3^- = 24,4 \div 61 = 0,4 \text{ meq/L}$

$$RI = \frac{6,24}{0,4} = 15,60 \text{ (Air laut)}$$

- Sampel L3T2

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 66,362 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 48,8 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 66,362 \div 35,45 = 1,872 \text{ meq/L}$

$\text{HCO}_3^- = 48,8 \div 61 = 0,8 \text{ meq/L}$

$$RI = \frac{1,872}{0,8} = 2,34 \text{ (Terintrusi sedang)}$$

- Sampel L3T3

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 88,483 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 48,8 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 88,483 \div 35,45 = 2,496 \text{ meq/L}$

$\text{HCO}_3^- = 48,8 \div 61 = 0,8 \text{ meq/L}$

$$RI = \frac{2,496}{0,8} = 3,12 \text{ (Terintrusi agak tinggi)}$$

- Sampel L4T1

Diketahui:

$$\text{Klorida (Cl}^{-}\text{)} = 1.106,040 \text{ mg/L}$$

$$\text{bikarbonat (HCO}_3^{-}\text{)} = 48,8 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konversi ke meq/L} : \text{Cl}^{-} = 1.106,040 \div 35,45 = 31,2 \text{ meq/L}$$

$$\text{HCO}_3^{-} = 48,8 \div 61 = 0,8 \text{ meq/L}$$

$$RI = \frac{31,2}{0,8} = 39 \text{ (Air laut)}$$

- Sampel L4T2

Diketahui:

$$\text{Klorida (Cl}^{-}\text{)} = 774,228 \text{ mg/L}$$

$$\text{bikarbonat (HCO}_3^{-}\text{)} = 73,2 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konversi ke meq/L} : \text{Cl}^{-} = 774,228 \div 35,45 = 21,84 \text{ meq/L}$$

$$\text{HCO}_3^{-} = 73,2 \div 61 = 1,2 \text{ meq/L}$$

$$RI = \frac{21,84}{1,2} = 18,2 \text{ (Air laut)}$$

- Sampel L4T3

Diketahui:

$$\text{Klorida (Cl}^{-}\text{)} = 154,846 \text{ mg/L}$$

$$\text{bikarbonat (HCO}_3^{-}\text{)} = 73,2 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konversi ke meq/L} : \text{Cl}^{-} = 154,846 \div 35,45 = 4,368 \text{ meq/L}$$

$$\text{HCO}_3^{-} = 73,2 \div 61 = 1,2 \text{ meq/L}$$

$$RI = \frac{4,368}{1,2} = 3,64 \text{ (Terintrusi agak tinggi)}$$

- Sampel L5T1

Diketahui:

$$\text{Klorida (Cl}^{-}\text{)} = 154,846 \text{ mg/L}$$

$$\text{bikarbonat (HCO}_3^{-}\text{)} = 48,8 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konversi ke meq/L} : \text{Cl}^{-} = 154,846 \div 35,45 = 4,368 \text{ meq/L}$$

$$\text{HCO}_3^{-} = 48,8 \div 61 = 0,8 \text{ meq/L}$$

$$RI = \frac{4,368}{0,8} = 5,46 \text{ (Terintrusi agak tinggi)}$$

- Sampel L5T2

Diketahui:

Klorida (Cl^-) = 199,087 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 48,8 mg/L

Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 199,087 \div 35,45 = 5,616 \text{ meq/L}$

$\text{HCO}_3^- = 48,8 \div 61 = 0,8 \text{ meq/L}$

$$RI = \frac{5,616}{0,8} = 7,02 \text{ (Terintrusi tinggi)}$$

- Sampel L5T3

Diketahui:

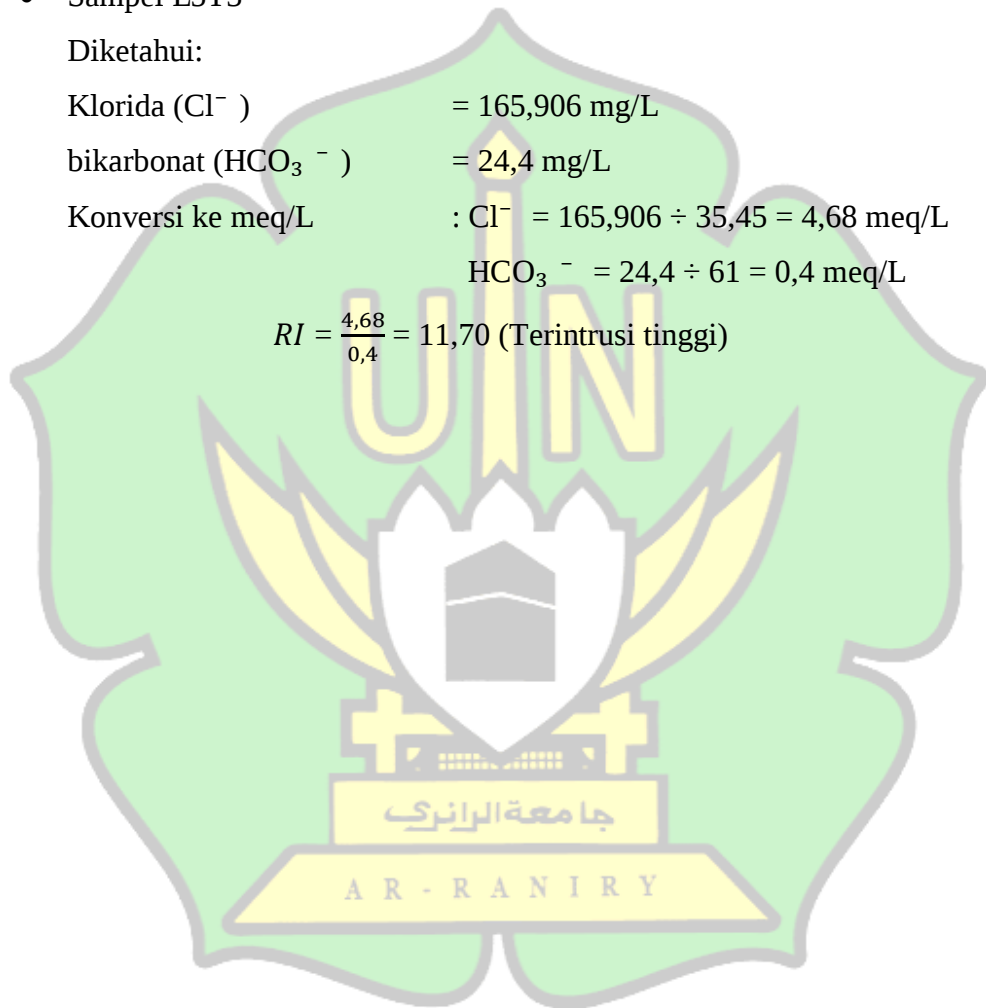
Klorida (Cl^-) = 165,906 mg/L

bikarbonat (HCO_3^-) = 24,4 mg/L

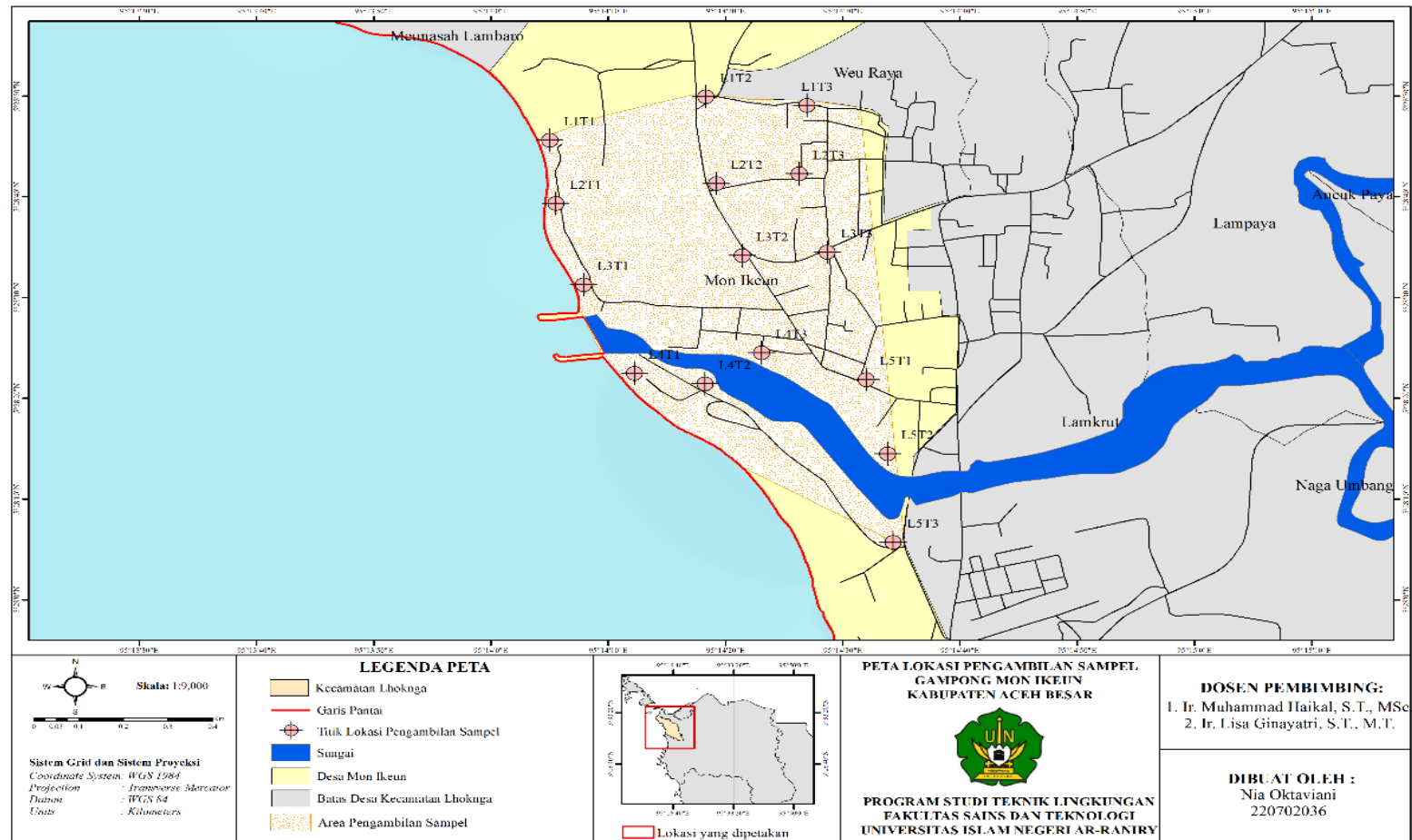
Konversi ke meq/L : $\text{Cl}^- = 165,906 \div 35,45 = 4,68 \text{ meq/L}$

$\text{HCO}_3^- = 24,4 \div 61 = 0,4 \text{ meq/L}$

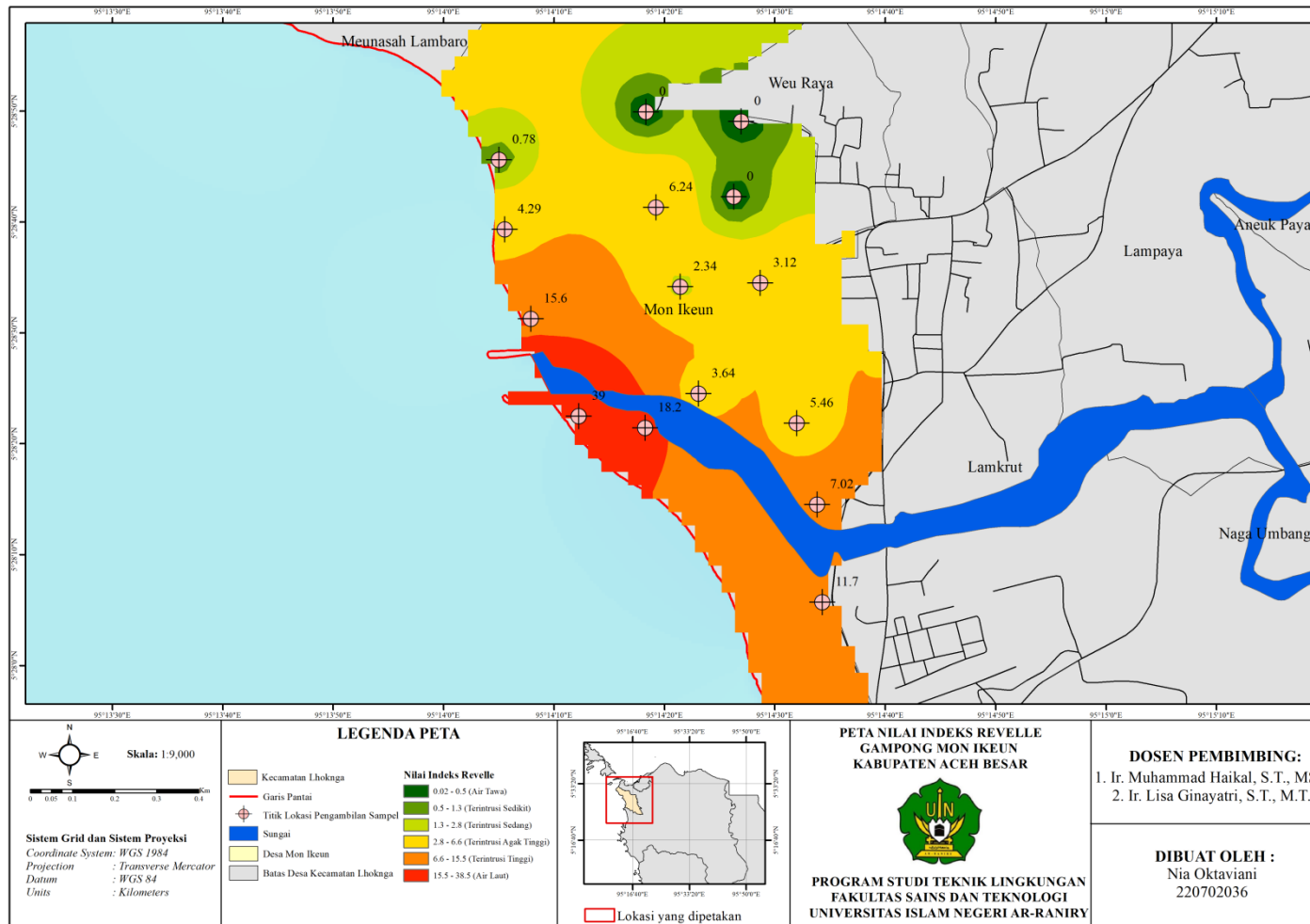
$$RI = \frac{4,68}{0,4} = 11,70 \text{ (Terintrusi tinggi)}$$



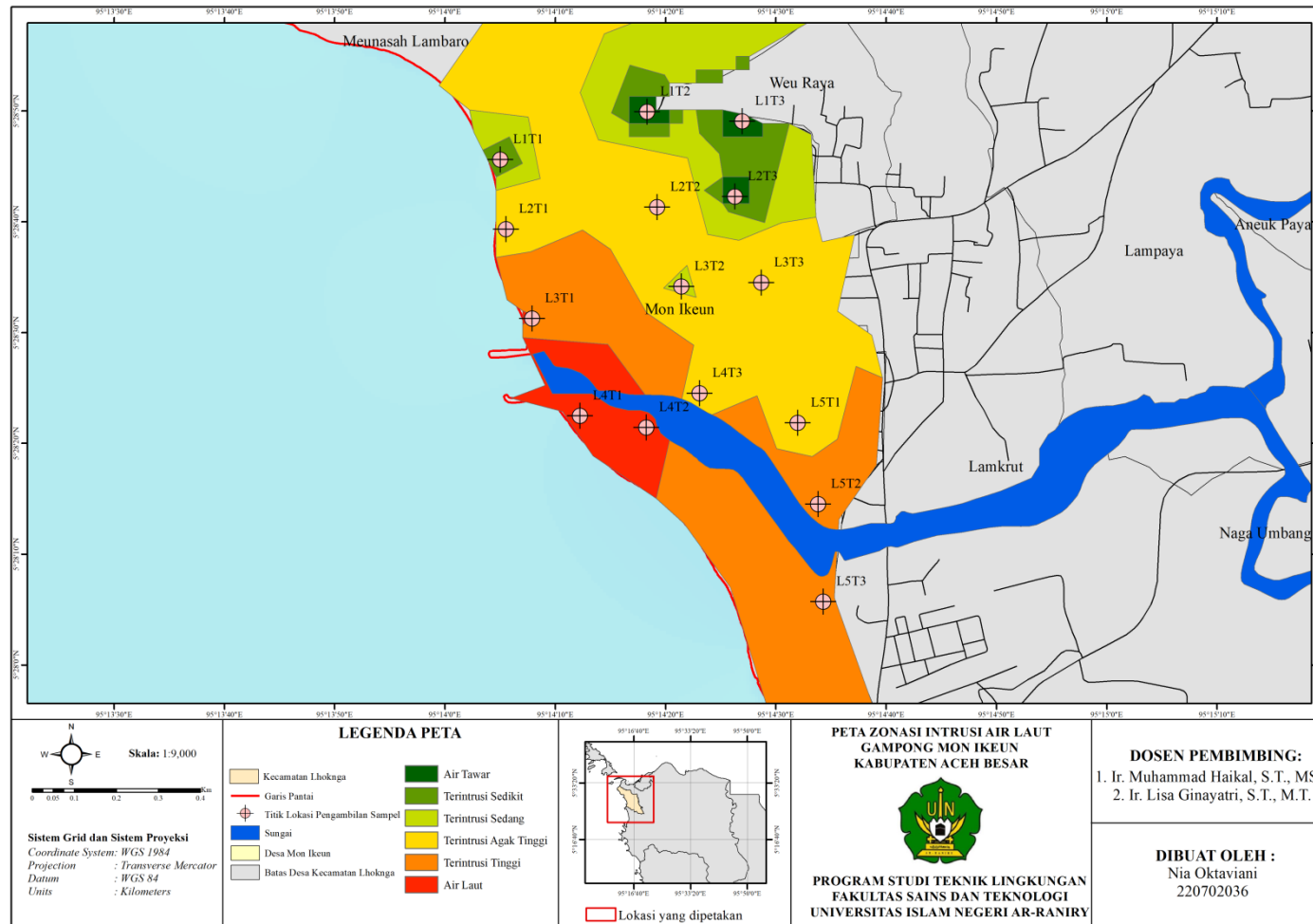
Lampiran 7 Peta Lokasi Penelitian Tingkat Intrusi Air Laut



Peta 7.1 Peta Lokasi Titik Sampling Air Tanah



Peta 7.2 Peta Interpolasi IDW nilai *Indeks Revelle*



Peta 7.3 Peta Zonasi Tingkat Intrusi Air Laut di Gampong Mon Ikeun

Lampiran 8 Data Pasang Surut Air Laut Wilayah Kecamatan Lhoknga

